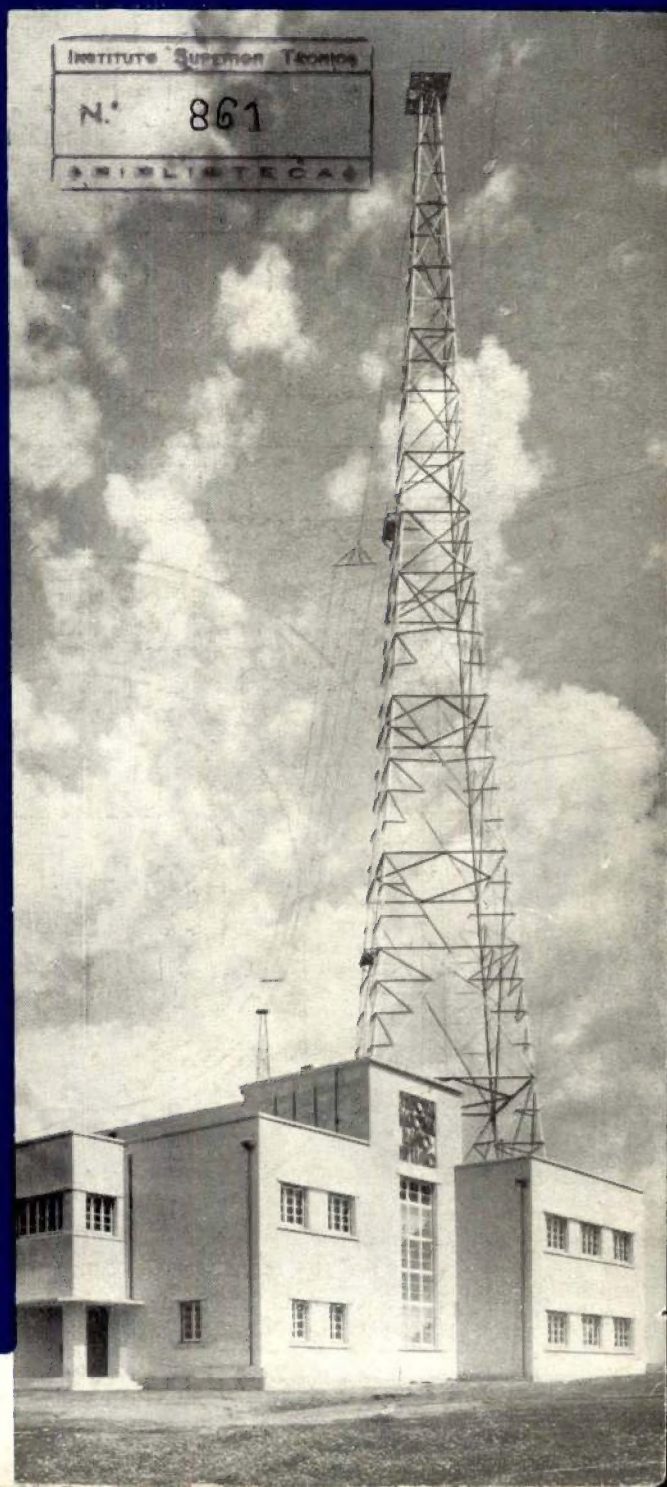
# TÉCNICA



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
N.º 861
BIBLIOTECA

## REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 103-Junho-1939

# "LUSALITE"

**fibro-cimento nacional**

EM

INCOMBUSTÍVEL
LEVE
RESISTENTE
ISOLADOR
IMPUTRESCÍVEL

Tubos para pressões hidráulicas de 3 a 12 K.os/cm.2
Chapas onduladas para coberturas
Chapas lisas para revestimento de tetos, tabiques, etc.
Produtos da Sociedade Portuguesa de Fibro-cimento

ÚNICOS CONCESSIONÁRIOS:

CORPORAÇÃO MERCANTIL PORTUGUESA, L.DA

Rua de S. Nicolau, 123

Telefones: 2 3948 — 2 8941 — **LISBOA** — Telegramas: Lusalite

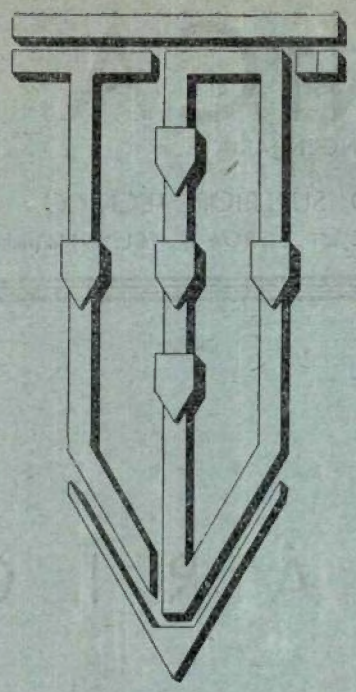
Barricas de 180 kilos

Sacos de juta de 50 kilos

Sacos de papel de 50 kilos

**Sede: Rua do Caes de Santarem, 64, 1.º — LISBOA**
**Filial do Norte: Rua Formosa, 297, 1.º — PORTO**

AGÊNCIAS EM TODO O PAÍS



# FUNDAÇÕES GARANTIDAS

Um processo especial para cada caso

## Eng. Ricardo E. Teixeira Duarte

**Projecto e execução de tôdas as fundações de responsabilidade feitas ùltimamente em Lisboa**

**Consolidações do solo**

**Captações de águas**

**Sondagens geológicas**

---

**EMPRÊSA DE SONDAGENS E FUNDAÇÕES, L.DA**

Rua Augusta, 280, 3.º e 4.º — LISBOA

NÚMERO
103
Junho — 1939

# TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N./ TEL. 49144 (linha 50)

BIBLIOTHECA I. S. T.

**DIRECTOR**
Roberto M. Charters d'Azevedo
**ADMINISTRADOR**
PEDRO ARSÉNIO NUNES
**BIBLIOTECÁRIO**
CARLOS KRUS ABECASIS
**CORPO REDACTORIAL**
ISABEL MARIA GAGO
MANUEL REIS DE CARVALHO
ARTUR SILVA MARQUES

NÚMERO AVULSO..... 5$00

**ASSINATURAS:**

| | 3 N.os | 6 N.os | 12 N.os |
|---|---|---|---|
| Continente e Ilhas | 12$00 | 23$00 | 44$00 |
| Colónias Portuguesas e Espanha... | — | 30$00 | 55$00 |
| Estrangeiro... ..... | — | 40$00 | 70$00 |

**EDITOR E PROPRIETÁRIO**
ASS. DOS ALUNOS DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

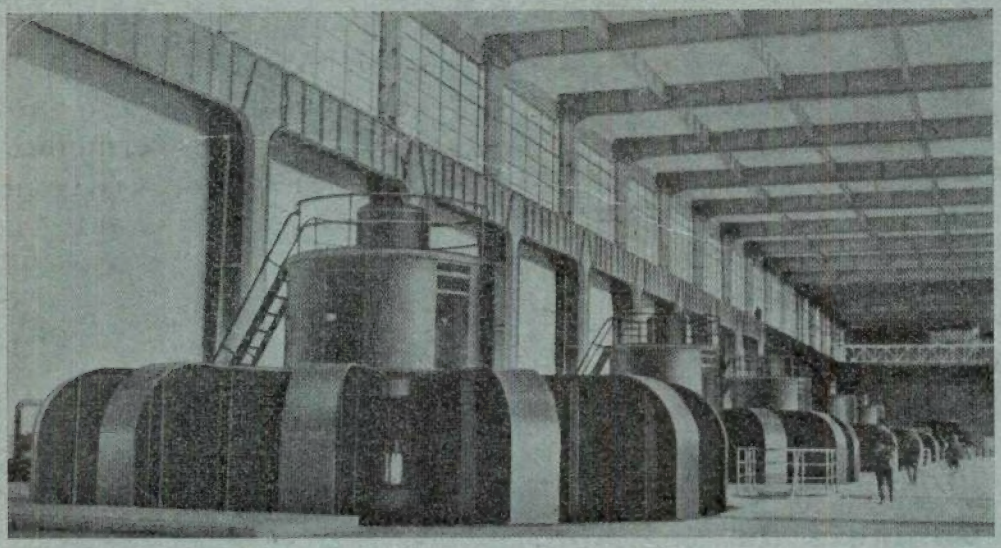
## SUMÁRIO

**CAPA — Emissora Nacional (Barcarena)**

| | | Págs. |
|---|---|---|
| **O Engenheiro, Dirigente Social** | Prof. Vicente Ferreira . . . | 345 |
| **A propósito do matemático Lagrange** . . . . . | Prof. Charles Lepierre . . . | 352 |
| **Tarifas de energia reactiva** . . | Prof. J. Ferreira Dias . . . . | 353 |
| **Estudo sôbre circuitos de ressonância** . . . . . | Prof. C. Ferrer Moncada . . | 375 |
| **Vida Escolar e Associativa** . . . | . . . . . | 387 |
| **Do Mundo Técnico** . . . . . | . . . . . | 389 |
| **Notas bibliográficas** . . . . . | . . . . . | 391 |
| **Publicações recebidas** . . . | . . . . . | 392 |

# GENERAL ELECTRIC

## Schenectady, N. Y.



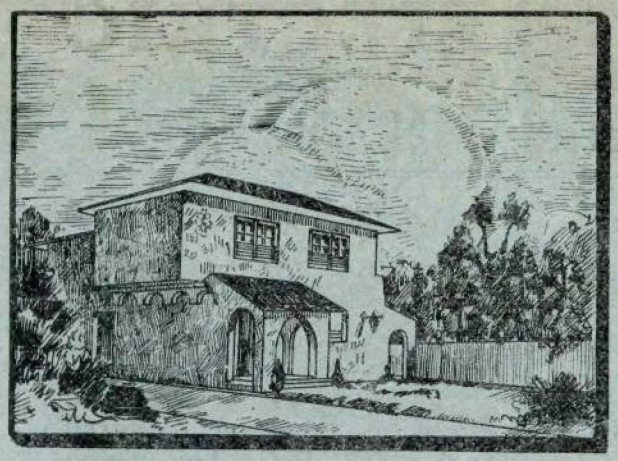
Central hidroeléctrica com 5 geradores General Electric de 77.500 kVA, 88 r. p. m. cada um

Motores e dinamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas. Tracção eléctrica. Máquinas para soldadura eléctrica. Automotoras Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Máquinas frigoríficas. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc.

**THOMSON**
**GENERAL ELECTRIC**
**Portuguesa, L.da**

LISBOA
**Rua do Norte, 5**

Telef. 28135-28136



# AGÊNCIA TÉCNICA E ELECTROGRÁFICA

RUA ÁUREA, 140, 3.º
LISBOA Telef. 2 6849

CÓPIAS HELIOGRAFICAS
em traços *negro absoluto*
castanho, vermelho,
verde e violeta

Execução rápida, perfeita e económica

**Enviamos mostruários e listas de preços**

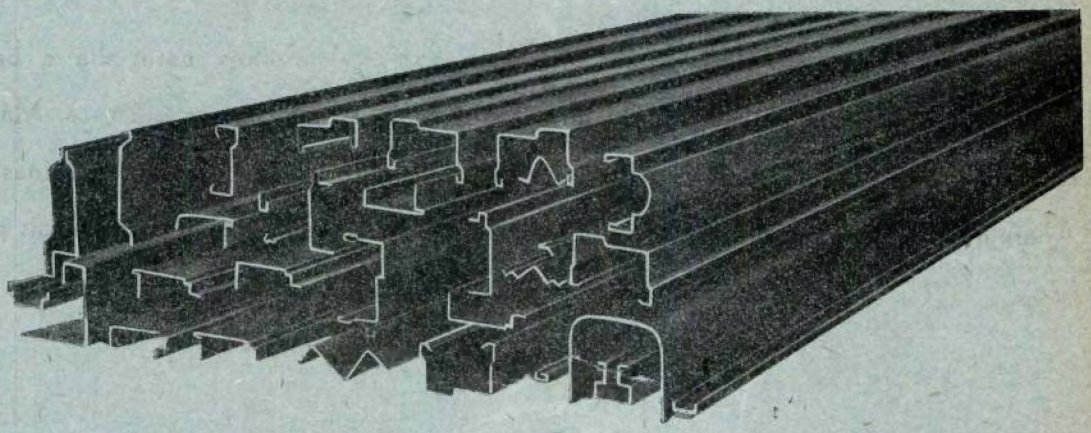
**Artigos para desenho:**

**Estojos, punaises, papéis, etc., a preços moderados.**

Projectos e orçamentos de construções civis e obras públicas.

**Gabinete de Desenho.**

ALGUNS EXEMPLOS DOS PERFIS QUE SE PODEM REALIZAR



LISBOA

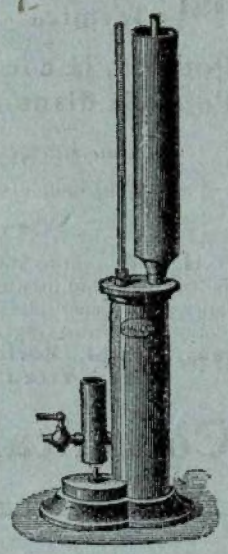
# FÁBRICA PORTUGAL

**FABRICAÇÃO DE PERFIS DE CHAPA PARA TODOS OS GÉNEROS DE TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

UMA REVOLUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

# CONJUNTO

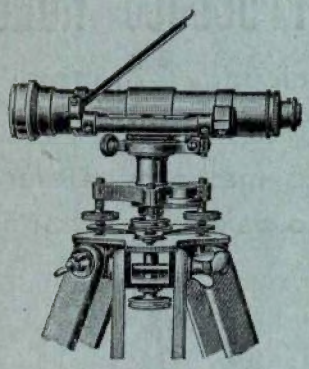
As nossas actividades constituem um conjunto muito completo, embora especializado, tanto sôbre o aspecto material (existências, variedade, novidades), como dos meios de acção.



Os clientes têm tôdas as facilidades de escolha, de utilização e até de conservação do material que vendemos, pois dispomos duma **oficina bem apetrechada** que pode evitar a tempo a sua desvalorização exagerada.

Sempre na vanguarda, a nossa acção baseia-se:

Na *competência* que inspira a *confiança*
Na *propriedade* que mantém o *ambiente*
Na *organização* que oferece a *comodidade*
No *pulso livre* que deixa dar *liberdade*
No **conjunto** que dá tôda a **satisfação**



MATERIAL TOPOGRÁFICO
MATERIAL PARA DESENHO
APARELHOS PARA ENSINO
MATERIAL DE LABORATÓRIO
INSTRUMENTOS ÓPTICOS
FERRAMENTAS DE PRECISÃO
LIVROS TÉCNICOS E EDUCATIVOS

## PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA - Engenheiros

Rua Eugénio dos Santos, 75 (Esquina Trav. S.to Antão)

**Telef. 20777** **Telegr. TECNA** **LISBOA**

# União Eléctrica Portugueza, S. A.

SEDE SOCIAL

Rua Duque de Loulé, 240 — PORTO

CAPITAL { Acções..... 40:000 contos
Obrigações 30:500 contos

ELECTRICIDADE DO LINDOSO

FORÇA { Hidráulica..... 40:000 HP
Térmica ..... 20:000 HP

Potência já contratada 20:000 HP
Potência disponível... 22:000 HP

Extensão total das linhas em exploração: 1:000 quilómetros

A **U. E. P.** tem as melhores tarifas e concede as maiores facilidades para electrificação de fábricas e para abastecimento de rêdes de distribuïção nos Distritos de: **Viana do Castelo, Braga, Pôrto, Aveiro, Coimbra, Vizeu e Leiria.**

## Consultai a U. E. P.

CIMENTO

# SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.

Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

SECIL

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMERCIO, 56, 3.º
LISBOA

# Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas

Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico

Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.

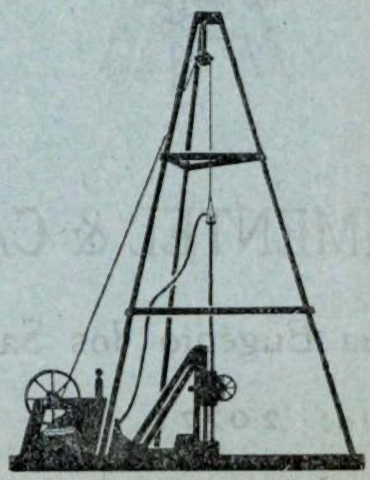
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo

Rebocos comprimidos por «**cement gun**»

Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no paiz e no estrangeiro



Engenheiro delegado para Portugal

## Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.º--LISBOA Tel. 2 8685

TÉCNICA

ROBERTO CHARTERS D'AZEVEDO
DIRECTOR

ANO XIV - N.º 103 JUNHO 1939

# O ENGENHEIRO, DIRIGENTE SOCIAL

PELO ENGENHEIRO VICENTE FERREIRA
PROFESSOR DO I. S. T.

*Aos seus antigos alunos, de 1922, que se reüniram no I. S. T., em 20 de Maio, deu o ilustre Professor, Eng. Vicente Ferreira a interessante lição que a «Técnica», com júbilo, regista nas suas páginas.*

Meus Senhores!

«Como lhes disse na última lição.....»

Foi assim ou por idênticas palavras, que certo catedrático de Salamanca ou Valhadolid recomeçou a lição que deixara interrompida cinco anos antes, quando o despotismo sombrio de Filipe III e as intrigas dos adversários o encerraram na tôrre de Segovia. Quis o ilustre catedrático significar daquele modo que o ódio dos inimigos nem lhe quebrara a inteireza do carácter nem lhe alterara a fé na verdade das doutrinas que defendia.

Os cinco anos de encerramento considerava-os como não vividos!...

* * *

Não me quero comparar ao ilustre mestre espanhol; nem as situações dêle e minha possuem outro paralelo que não seja o de retomar, com o intervalo de muitos anos, uma lição que, — no meu caso e felizmente —, não foi interrompida pela violência e a que só um sentimento afectuoso dos antigos alunos do Instituto reatou o quebrado fio.

Das minhas lições já não precisam.

Muitos são hoje mestres e mestres distintos; todos já receberam da experiência dura da vida a mais valiosa e perdurável lição.

Vieram aqui, — creio eu —, para cotejar sensações: — as produzidas pelos mesmos homens, os mesmos factos e o mesmo ambiente, em duas épocas distantes.

Correm, porém, grave risco! E eu temo-o, tanto pelos meus antigos alunos, como por mim próprio! — Sobretudo por mim! É o de experimentarem uma grande e, porventura, amarga decepção ao corrigirem hoje, com o critério da fria razão, os julgamentos dos homens e das coisas, que um dia formularam com o critério generoso dos sentimentos da juventude.

Vieram, — dizem-me —, para «matar saüdades»; todavia esqueceram-se de que o preceito divino que ordena «não matarás» se aplica igualmente às saüdades e às ilusões!

Mas, pediram-me «uma lição»!...

Para «matar saüdades» algumas palavas bastam!

Para os satisfazer recomeçarei.

Meus ilustres colegas e antigos alunos:

Como lhes disse na última lição —, há dezassete anos! — fiz votos como professor e amigo pela felicidade e brilho das suas carreiras.

Percorrendo agora a lista dos engenheiros de 1922, encontro nela os nomes de um actual Ministro da República, de directores gerais de importantes serviços públicos, de professores e académicos ilustres, de técnicos de grandes emprêsas particulares e de obras públicas, de presidentes de grémios e procuradores à Câmara Corporativa, de chefes de indústrias e de casas comerciais; — vejo, enfim, que todos ocupam, na escala dos valores sociais, graus proeminentes.

Ouso acreditar que os meus votos, — porque foram sinceros —, ajudando os seus muitos merecimentos foram de bom augúrio para as suas carreiras. Reitero os votos e creio ser fácil de acertar a profecia de que todos hão-de exercer na sociedade portuguesa bem vincada influência.

Não foram, porém, V. Ex.as os primeiros, nem serão os últimos dos alunos do Instituto Superior Técnico, que hão-de enfileirar no escol dos dirigentes da nação portuguesa. E esta observação, — tão fácil de verificar para os contemporâneos —, servir-me-á de *ponte* para abordar o tema da minha *lição* — já que assim lhe querem chamar.

* * *

Houve tempos, não muito distantes, em que nos róis profissionais dos dirigentes da nação, — dos médios aos maiores graus —, predominavam os homens de leis: magistrados e advogados. Êstes sobretudo! Eram, — e ainda são —, os que, por antonomásia, chamamos *bachareis*, com o significado depreciativo, — aliás bastante injusto na maioria dos casos —, de faladores impenitentes e petulantes, de quem se pode dizer com o Nicolau Tolentino, que

«..... promptos contendem»;
«Promptos decidem do que nada entendem.»

Êste predomínio dos *bachareis* nos quadros dirigentes das sociedades é muito antigo e observa-se em muitas nações; mas pode dizer-se que o advento da *bacharelocracia* coïncidiu com a instituïção das assembleias legislativas eleitas pelo povo. Já predominavam na representação do *Terceiro Estado*, na França de Luiz XVI, em 1789. Segundo o cálculo feito, no fim do século passado pelo sociólogo francês Edmond Desmoulins, a proporção de *bachareis* na Câmara francesa excedia 25 %, e parece que pouco diminuíu nas últimas legislaturas.

O mesmo entre nós, no antigo regime parlamentar.

Dos parlamentos os *bachareis* passaram, em tôda a parte, para o funcionalismo civil; mas houve muitos, — em Portugal, pelo menos —, que passaram do Amanuensado para o Parlamento. A fôrça de selecção parecia irresistível.

¿Como se explicará êste fenómeno social, tam generalizado e persistente?

Tenho ouvido muitas explicações:

— porque os advogados, adquirindo muito cedo, por necessidade profissional, o hábito de falarem em público e de analizarem com rapidez e subtileza, os argumentos do adversário, tornam-se mais aptos que os outros cidadãos para triunfar nas assembleias políticas;

— porque, em contacto permanente com numerosa clientela, cujos interêsses defendem no gabinete e no pretório, tornam-se ràpidamente conhecidos dos cidadãos eleitores;

— porque, adquirindo nos debates forenses o habito de empregar, com ênfase solene, expressões de significado impreciso, têm grande facilidade de mover as multidões, por sua natureza mais aptas para ceder às sugestões das palavras e gestos, do que para raciocinar friamente.

Eu tenho para mim que nenhuma destas explicações é suficiente, embora em cada uma delas

se encontre, porventura, uma razão complementar da que explica o predomínio político-social dos homens de leis.

A explicação fundamental reside, — a meu ver —, na própria formação mental dos *bachareis* em direito.

Êles, e até há poucos anos só êles, — porque excluímos em princípio os teólogos —, estudam as «humanidades» e as ciências em que, implícita ou explicitamente, se contém o conhecimento da psicologia do homem, dos seus interêsses e paixões, da sua mentalidade e das acções e reacções, que êle exerce ou recebe, como elemento da grande unidade compósita chamada *A SOCIEDADE.*

O *bacharel* em leis, melhor que os homens de outra formação intelectual, conhece, portanto, a *matéria* sôbre que o homem de estado, — *o político,* no melhor sentido da palavra —, tem de actuar, e só êle sabe manejar, com destreza e apropósito, os instrumentos de acção que servem para a informar e manter coerente: — as leis e as instituïções.

Ora, — e esta é a minha tese —, o predomínio, o quási monopólio do *bacharel,* na direcção das sociedades modernas *baseadas* ou, melhor, *regidas pelo Direito,* tende a ser destruída pela intervenção, cada vez maior, dos técnicos.

* * *

Mas eu julgo indispensável, antes de prosseguir, explicar o que entendo por «intervenção dos técnicos».

Teve a sua voga, depois da guerra, a teoria de que o govêrno das nações devia confiar-se aos *técnicos.*

Não aos técnicos da arte de governar, que são os *políticos* mais ou menos profissionais mas aos técnicos das diferentes especialidades. O «ministro do interior» devia ser, — parece —, o melhor dos polícias; o «ministro da guerra» o mais valente dos generais; o «ministro das obras públicas» o mais hábil dos construtores; o «ministro das finanças» o mais rapace dos banqueiros e, naturalmente, o «ministro da justiça» o mais rábula dos advogados.

E assim sucessivamente...

Chegou a criar-se uma escola: a do *técnicismo,* que pretendia resolver todos os problemas sociais pela técnica.

Parece que morreu, entre sorrisos irónicos, à nascença.

As tentativas que em Portugal e no estrangeiro se fizeram, para colocar à frente da administração pública, os técnicos *que eram só técnicos,* falharam em tôda a parte. É que o *técnico que é só técnico,* isto é, *especialista* parece orgânicamente incapaz de amoldar a sua técnica, — que é sempre de limitados recursos —, à infinita mutabilidade do organismo social. A compreensão dos sentimentos humanos, — e só por meio dêles se governa —, é um dote pessoal, cultivável pela educação, mas estranho a tôdas as técnicas.

Julgo também prudente definir o significado que atribuo às palavras «técnica» e «técnicos».

Nos últimos anos tomou-se tal gôsto pela palavra que nos aparecem técnicos e técnicas das mais espantosas especialidades.

O modesto funcionário que varre as ruas é um *técnico da limpeza municipal;* o escriturário que alinha os algarismos de uma factura ou de uma conta corrente, é um *técnico de contas;* o enfermeiro que aplica os pensos nos membros chagados dos lázaros, é o *técnico das ligaduras* e assim para tôdas as práticas e profissões. Há a *técnica* dos artistas teatrais, dos oradores de sessões de empossamento, das *manucures,* dos redactores de leis, dos vendedores de automóveis, dos pregoeiros de leilões e dos informadores de jornais. Mas a *técnica* de que eu falo é a que se ensina neste Instituto, e nas chamadas escolas técnicas e profissionais dos diversos graus. É, — se quiserem uma definição, aliás insuficiente —, *o conjunto de conhecimentos teóricos e práticos aplicados à utilização, para fins sociais, da matéria e das fôrças da natureza.*

* * *

Retomando, agora, a minha tese cumpre-me esclarecer *porquê e como* intervêm os técnicos, cada vez mais, na organização e direcção da vida social e no Govêrno do Estado.

O *facto* da intervenção parece-me incontestável; basta relancear os olhos pelos quadros da nossa administração pública, da Assembléia Nacional, da Câmara Corporativa, das autarquias locais, dos organismos corporativos, das emprêsas comerciais e industriais. A lista dos engenheiros saídos do Instituto em 1922 contém 56 nomes de ex-alunos que exercem, hoje, na sociedade portuguêsa, funções superiores de orientação e comando; mas há 25 anos que o Instituto confere o título académico de *engenheiro* a outras tantas promoções de alunos.

Devem ser, hoje, só do Instituto, cêrca de mil chefes de grupos sociais, sem que ainda se note superabundância de técnicos.

Investiguemos, agora, o *porquê* da substituïção.

Como lhes disse, — e não é grande novidade —, até há poucas décadas, a estrutura social das nações civilizadas apoiava-se na concepção abstracta do *Direito;* era mantida pela *Lei,* colocada acima de tôdas as vontades individuais e dominando-as. À *Lei* se submetiam os simples cidadãos, os governantes e os próprios soberanos absolutos. A religião do *Direito,* — se nos é lícito expressarmo-nos dêste modo —, substituiu, no século do liberalismo, a religião de *Deus,* que tinha dominado as consciências nos séculos anteriores desde o triunfo definitivo do Cristianismo. À proeminência do sacerdote, nos séculos passados, sucedeu assim no século XIX a proeminência do *bacharel,* sacerdote da nova religião.

Mas a civilização industrial, desenvolvida nos últimos quartéis do século passado e que atingiu o apogeu depois da grande guerra, materializou, por assim dizer, os vínculos que ligam os homens entre si, na sociedade moderna.

Não digo que os antigos vínculos da Religião e do Direito se tenham desatado completamente; mas afirmo, — porque o facto é evidente —, que se fôsse possível ao homem moderno desprender-se das cadeias da *Fé* e da *Lei* êle encontrar-se-ia ainda agrilhoado à *Máquina* e, portanto, à *Técnica;* melhor direi a tôdas as Técnicas que servem a civilização hiper-materialista e hiper-mecanizada do nosso tempo.

Recuso-me, por um acto de fé e por um imperativo da razão, a admitir o desaparecimento total dos vínculos espirituais da sociedade; constato mesmo, com íntima satisfação, o seu rejuvenescimento; mas tenho de admitir, — porque o vejo e sinto —, que na civilização actual as preocupações do homem se concentram, com intensidade progressiva, na utilização da matéria e das fontes de energia física.

As sociedades modernas reorganizam-se para a produção e para a disputa violenta dos meios de produção; os valores morais passam a segundos planos, ou utilizam-se, sòmente, como «activantes» da energia potencial da máquina humana; as inteligências passam a valer, sobretudo, pelo seu poder de invenção, de organização e de direcção das fôrças materiais. Por isso, — e para isso —, se multiplicam em todo o mundo as escolas técnicas, os laboratórios e as fábricas. As próprias *Beleza* e *Arte* mecanizaram-se e os artistas converteram-se em serventuários da máquina. O músico compõe e toca para o disco fonográfico; o pintor desenha e pinta para a máquina fotográfica; o actor e o poeta só declamam para o microfone; e o próprio homem político, o condutor de povos, deixou de arrebatar os auditórios com a vibração comovida da voz, o jôgo expressivo da fisionomia e a elegância do gesto, para lançar mecânicamente as suas orações pelas antenas da T. S. F. — Dos Demóstenes modernos já se não pode dizer o que um dos seus admiradores dizia do antigo: — que não bastava ouvi-lo, mas era necessário vê-lo, para se conhecer a fôrça de persuasão das suas orações.

Compreende-se, agora, que numa sociedade assim dominada pela *Técnica,* o comando dos homens-máquinas venha a pertencer aos *Técnicos!*

Mas eu julgo que outras razões menos pessimistas e mais profundas se podem alegar como explicação daquela proeminência de que há pouco lhes falei.

BIBLIOTECA IST

Essas razões encontram se, precisamente, nos processos de formação intelectual dos engenheiros modernos, no nosso Instituto e nas escolas similares. Refiro-me à feliz conjugação do ensino teórico e do ensino experimental, que, a meu ver, é muito superior como preparação mental, ao ensino das ciências abstractas ou simplesmente lógicas, como o *Direito* e as *Matemáticas*.

Eu me explico.

Se um lógico, — puro geómetra ou legista —, concebe a conveniência de fazer passar um agrupamento hamano de certo estado social *A* (fig. 1) para um estado diferente *M*, separado do

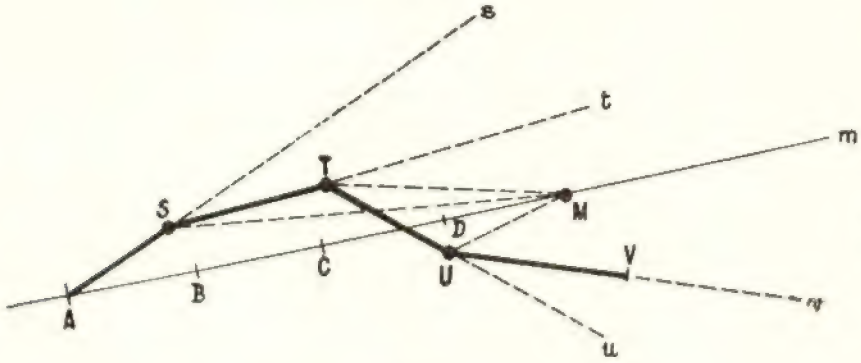



Fig. 1

primeiro no tempo e no espaço, e se dispõe da autoridade e dos meios de acção necessários para efectuar a passagem, — meios sociais, evidentemente —, êle procurará impôr aquela transformação pela via mais directa e rígida; digamos, segundo a recta *AM*; quando muito admitindo as fases intermédias *B, C, D*, etc., sem desvio da direcção inicial, lógica.

Mas o «*meio*», isto é, o ambiente social, tem as suas resistências próprias, como qualquer meio físico: — o ar, um líquido, um campo de fôrças magnéticas, etc. Estas resistências determinam desvios sucessivos: *AS, ST, TU*... Estes desvios, naturalíssimos e previsíveis se a experiência histórica e a observação pudessem ser admitidas por um lógico puro, desnorteam-no; a sua lógica leva-o a atribuí-los ou à incompreensão das massas ou ao seu espírito de rebeldia. Consoante o seu carácter, ou desiste, ferido no seu orgulho de intelectual e perde a qualidade de condutor de homens, ou persiste pela fôrça em fazê-los seguir os caminhos *SM, TM, UM*,... e causa a infelicidade do grupo social que pretendia servir. Em ambos os casos o fim não será atingido.

Um empírico, pelo contrário, tentaria sucessivamente e sem critério definido, a transformação *ASM* (fig. 2), em que o levaria para *Z*, mas desistiria em *S'*; ou a transformação *AUM*, que se desviaria para *AUV* e o faria desistir em *U'*, etc.

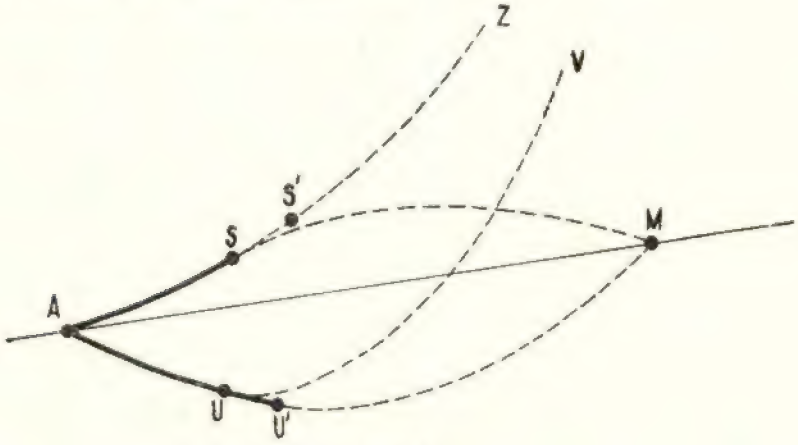



Fig. 2

Um espírito bem equilibrado, lógico-experimental, saberia de ante-mão, que o «meio» oferece resistências peculiares, não determinadas pela razão pura, e procuraria avaliá-las por meio de prévias sondagens. — Proporia então (fig. 3) a transformação $AX$, irrealizável, mas que o

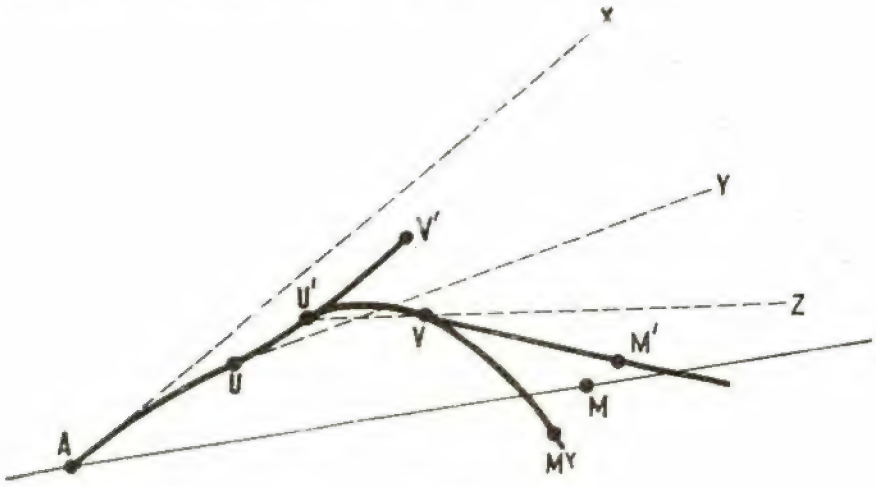



Fig. 3

levaria, possivelmente a certo ponto $U$ mais próximo de $M$; atingindo o estado $U$ iniciaria outra transformação ideal $UY$, que, pelas *resistências do meio*, o levará a $UV$ ou $UV'$. Não sendo $UV'$ satisfatório desistirá em $V'$ para recomeçar a partir de $U'$, visando, aparentemente, a transformação ideal $Z$. Por experiências sucessivas, racionalmente conduzidas e utilizando sempre os resultados das experiências anteriores, o nosso condutor de homens poderá, finalmente, alcançar um estado $M'$ ou $M''$ suficientemente próximo de $M$, objectivo primário, mas inatingível em forma absoluta.

Para o lógico puro o estado $M$ (fig. 1) só pode ser uma dedução lógica, absoluta, do estado inicial $A$ e da cadeia de estados intermediários $B, C, D, \ldots$ Por isso os matemáticos e legistas tantas vezes cometem erros tão grosseiros em matéria social, como se verifica comparando os resultados das suas deduções lógicas, com os das suas realizações práticas.

Pelo contrário, o lógico-experimental, apoiando constantemente os raciocínios nos dados da experiência e corrigindo aqueles por estes, está sempre pronto a modificar as regras de actuação e o seu objectivo imediato, sem perder de vista o objectivo final. Em todo o caso, nunca assentará as suas previsões na hipótese irrealizável da *conformidade absoluta* dos resultados finais com as concepções teóricas. Êle sabe de antemão que o estado $M$ só pode ser o *estado-limite* de uma certa evolução e contentar-se-á, com a «aproximação suficiente» $M'$ ou $M''$ (fig. 3).

Também nenhum *Técnico*, digno do título, ousará jàmais afirmar que o estado $M$ será o têrmo unívoco e forçoso de uma evolução que passa pelos estados intermédios $B, C, D, \ldots$ Dirá, simplesmente, que tem *probabilidades* de atingir $M$, passando por $A, B, C, \ldots$; mas admite igualmente, até experiência em contrário, a *possibilidade* de o atingir por outra linha de evolução, ou de nunca o atingir, nem mesmo aproximadamente.

Êste hábito de prudência, êste *horror do absoluto*, adquire-se pelo estudo das ciências lógico-experimentais: a Física, a Mecânica Aplicada, a Resistência dos Materiais e muitas outras, que entram na preparação intelectual do engenheiro.

Do que fica exposto depreende-se, também, que, numa sociedade orientada por conceitos abstratos e imprecisos, como os de Religião, de Moral, de Direito, de Liberdade e outros que constituem o domínio das consciências individuais, pudessem os juristas e os humanistas, com os seus hábitos de expressão literária e metafísica, assumir, — por direito próprio —, o govêrno dos homens. A imprecisão dos objectivos coadunava-se, fàcilmente, com a imprecisão e, até, com a mutabilidade dos métodos de actuação.

Mas nas sociedades hiper-mecanizadas modernas, à expressão clara, precisa e extremamente simples dos conceitos orientadores da vida, deve corresponder idêntica clareza e precisão nos métodos de govêrno.

A *arte de governar* tende, assim, a confundir-se, pouco a pouco, com a *arte de organizar*. — A actividade dos dirigentes consome-se, em grande parte, no trabalho de organização dos grupos humanos, para fins de actuações em conjunto, visando objectivos superiores, definidos pelo Estado, em nome dos interêsses da Nação.

Reparem V. Ex.as que nem as próprias democracias, como a Inglaterra, a França, a Suécia e a América, escapam, actualmente, a esta solicitação.

A arte de organizar os grupos humanos para os fins de *actuação em massa*, constitui domínio próprio dos técnicos. A ciência da «Organização» dá, portanto, aos indivíduos que a possuem, especial competência para intervir no govêrno das sociedades.

Queiram, todavia, registar que eu não falo da aplicação de nenhuma *Técnica* particular à direcção dos agrupamentos sociais: afirmo, sòmente, que a formação intelectual dos *técnicos* é a mais própria, nas condições presentes, para assegurar o recrutamento dos quadros sociais.

Também não afirmo que a formação dos engenheiros, tal como a praticamos nêste Instituto, seja inteiramente apropriada para o exercício das funções a que se destinam de dirigentes de grupos sociais. Pode dizer-se que se a formação dos *bachareis* peca, por insuficiência de educação experimental, a dos *técnicos* sofre do mal contrário: a carência do ensino das ciências político-sociais e a insuficiência, para mais não dizer, do ensino da ciência da *Organização*. Ambos os defeitos são comuns a tôdas as nossas escolas técnicas, com excepção — parece-me —, da Escola do Exército.

Como hoje mesmo tive ensejo de lhes recordar, a primeira *matéria prima* sôbre que um dirigente tem de actuar e que é a base insubstituível de tôda a produção, é o *Homem*. Pois no Instituto onde se preparam os técnicos que hão-de utilizar as fôrças físicas e psíquicas das massas humanas, o *Homem* não é estudado.

Se tivermos em conta a função social do engenheiro, tal como pretendi defini-la, aparece em tôda a sua evidência a necessidade dêle conhecer não só o homem-organismo ou o homem-máquina; mas o homem psíquico, célula ou unidade componente dos agrupamentos sociais primários e da própria nação.

Eis porque, desde há muito, eu preconizo que na preparação dos engenheiros se incluam duas novas disciplinas: a *Sociologia* e a *Organização científica do trabalho*, embora para tanto se sacrifiquem algumas cadeiras puramente técnicas.

Evocando a minha experiência pessoal, devo declarar que nunca me lamentei das insuficiências de preparação técnica, porque sabia como supri-las; mas queixei-me sempre da minha profunda ignorância da arte de dirigir homens e do não menos profundo desconhecimento dos princípios elementares do *Direito* e da arte de interpretar as *Leis* e de aplicá-las correctamente, como é indispensável para viver numa sociedade que, a-pesar-de tudo, ainda se rege pelos conceitos abstractos do *Bem*, do *Direito* e da *Justiça*.

Esta é a minha «confissão» no fim de 40 anos de uso da pouca ciência de engenheiro que estudei.

Mas a ciência que adquiri, fui buscá-la, no século passado, a escolas de tradição escolástica.

¿Que deficiências de preparação lhes foram mais sensíveis nas suas carreiras, a V. Ex.as que há poucos anos saíram do Instituto Superior Técnico, e receberam a influência dos nossos métodos de ensino?

Eis um inquérito a que eu muito desejaria que os antigos alunos do Instituto respondessem com perfeita sinceridade.

E fico esperando resposta!

Tenho dito.

# A propósito do matemático LAGRANGE

PELO PROF. CHARLES LEPIERRE

Li com muito aprêço a bela Conferência do Prof. Girolamo Ippolito, publicada no n.º 102 da *Técnica*. Seja-me permitido esclarecer um ponto de história. Diz o professor italiano, a p. 297, a propósito dos matemáticos dos diversos países que intervieram na resolução dos problemas da hidráulica: «Mas também do nosso lado as investigações não paravam e a par dos nomes de d'Alembert, Bernouilli, Euler, Helmoltz, os italianos podem apresentar: o nome do *turinês* e *não francês* (o itálico é meu), *Giuseppe Lagrange*, que deu uma forma nova às equações fundamentais da hidro-dinâmica».

Em primeiro lugar é sempre possivel encontrar, em todos os ramos dos conhecimentos humanos, uns precursores *em todos os países*, e cada país pode ufanar-se de ter nascido no seu solo o predecessor de qualquer descoberta... Reina sempre em todos os países algum bairrismo, explicável por errónea documentação ou carência desta — ou por espírito patriótico que leva a afirmações menos exactas ou exageradas. Assim é fácil mostrar que antes de Galileu, Newton, Lavoisier, Ampère, Volta, Einstein, houve sábios que trilharam caminhos semelhantes aos que fizeram a suprema glória dêstes homens ilustres. Mas a-pesar disso Galileu, Newton, Lavoisier, etc., continuam e com justa razão a serem os *Génios* que imprimiram à Ciência do seu tempo um impulso que os predecessores não conseguiram.

É porque não basta lançar no papel uma ideia para esta germinar, indispensável é cultivá-la, defendê-la contra os adversários. E todos nós sabemos as lutas que tiveram de sustentar alguns dos sábios acima indicados para que os seus pontos de vista vingassem...

Porisso o Prof. Girolamo Ippolito é desculpável — o que não impede que a verdade seja restabelecida. E agora voltamos ao genial Lagrange.

Qualquer dicionário biográfico ou geral indica — e os biógrafos de Lagrange são conhecidos — que, se é certo que Joseph Louis Lagrange nasceu em Turim em 1736 não é menos certo que era oriundo duma família da *Touraine*, aparentada por sinal com a de *Descartes*. É pois nitidamente de origem francesa, como o seu apelido aliás revela. Residiu pouco tempo na Itália, depois de ter ensinado na Escola de Artilharia de Turim, seguindo para Berlim a convite do grande *Euler*.

Fixou-se depois em *Paris*, pelas alturas de 1780, onde não foi considerado estranjeiro. A Convenção e Napoleão encheram Lagrange de honrarias. Finalmente os seus restos encontram-se depositados em *Paris*, no «*Panthéon*», célebre monumento em cuja fachada se lê «Aux grands hommes, la Patrie reconnaissante»... Ora, ninguém pode duvidar esta palavra «*Patrie*» refere-se à França...

Deu-se pois com Lagrange o que se tem dado com muitos homens ilustres que nasceram em países diferentes da sua nacionalidade. E se é bem certo, como dizia *Pasteur* «que a ciência não tem pátria, mas que os sábios têm a sua» estes homens geniais, vivendo neste ou naquele país, deixaram para a posteridade conhecimentos, ideias, conceitos que aproveitaram à humanidade inteira.

É êste o papel do homem de génio, seja êle um artista, um literato, um cientista.

Junho de 1939.

BIBLIOTECA I.S.T.

# TARIFAS DE ENERGIA REACTIVA[1]

PELO ENG. ELECTR. (I. S. T.) J. FERREIRA DIAS

PROF. DO I. S. T.

C) — **O preço da energia reactiva.**

Os valores a que acabamos de chegar mostram que a variação relativa do custo do kWh com o factor de potência é constante, qualquer que seja a utilização considerada no caso da central hidráulica, mas que, pelo contrário, essa variação é mais acentuada para as baixas utilizações no caso da central térmica. Compreende-se que seja assim, notando que na central hidráulica o encargo $b$ é nulo, donde resulta que $k$ varia na razão inversa de $h$, qualquer que seja o factor de potência; e que, no caso da central térmica, o valor de $b$, pouco variável com $h$ e com $\cos\varphi$, representa um têrmo quási constante que amortece, nas utilizações elevadas em que é preponderante, a acção do factor de potência. [2]

Designemos por $k_o$ o custo do kWh para $\cos\varphi = 1$, e tomemos os valores da relação $\frac{k_o}{k}$ para as diversas utilizações e diversos factores de potência (Fig. 1).

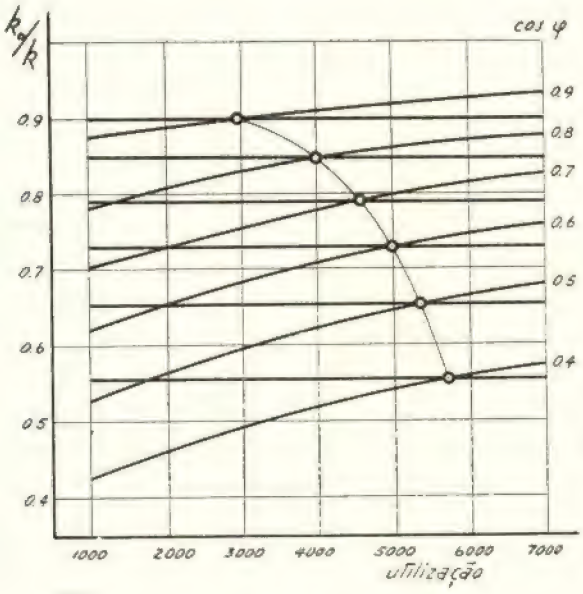



Fig. 1

---

(1) Continuação dos n.os 94 e 100 da *Técnica*.

(2) Considerar nulo o encargo de exploração nas centrais hidráulicas conduz a não atribuir valor à energia perdida, o que atenua a influência nociva dos máus factores de potência.

As rectas horizontais correspondem à central hidráulica; as curvas à central térmica. Os círculos marcam os cruzamentos de linhas referentes ao mesmo factor de potência; e a sua posição mostra que é entre 3000 e 5500 horas de utilização anual que a influência relativa do factor de potência é a mesma nos dois tipos de central.

Se atendermos a que só em casos especiais o factor de potência das rêdes é inferior a 0,5, aqueles limites apertam-se para 3000 e 5000 horas, entre os quais estão compreendidas as utilizações de tôdas as centrais de serviço público de alguma importância. Por outro lado, é forçoso adoptar um critério único para tarifar a energia reactiva, que seja independente da natureza da fonte e da utilização das centrais, porque seria de uma complicação inadmissível pretender o contrário; e tudo isto nos leva a aceitar como geral a influência calculada para o caso da central hidráulica.

Podem comparar-se de duas formas simples as tarifas de energia reactiva: ou definindo o multiplicador $\alpha$ a aplicar ao preço $k_o$ do kWh em carga não indutiva, para cada valor do factor de potência inferior à unidade, ou fixando a fracção $\beta$ de $k_o$ que representa o preço de cada kVArh.

Calculemos estes dois coeficientes para os valores teóricos que obtivemos.

No primeiro caso, os valores da relação $\frac{k_o}{k}$, calculados atrás, dão imediatamente os valores de $\alpha$, de que são inversos, permitindo obter a coluna respectiva do quadro que vem adiante e que está reproduzida na curva T da Fig. 2.

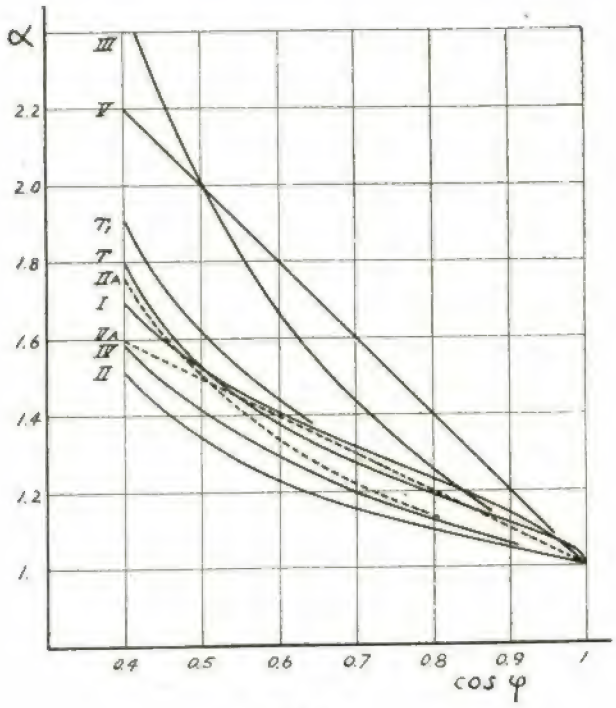



Fig. 2

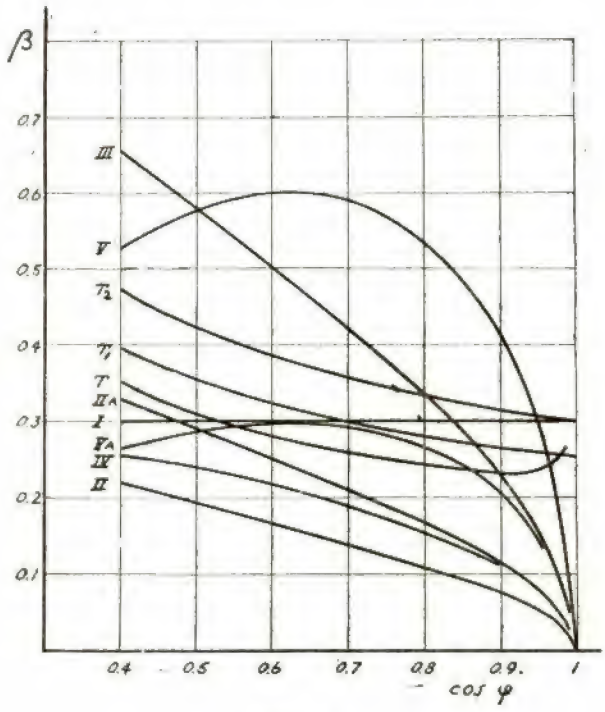



Fig. 3

No segundo caso, os valores de $\beta$ serão dados pela relação

$$\alpha\, k_o\, W_a = k_o W_a + \beta\, k_o\, W_r = k_o\, W_a\, (1 + \beta \operatorname{tg} \varphi)$$

donde

$$\beta = \frac{\alpha - 1}{\operatorname{tg} \varphi}$$

Os valores de $\beta$ estão indicados no quadro seguinte e na curva T da Fig. 3:

| $\cos\varphi$ | Coeficientes | |
|---|---|---|
| | $\alpha$ | $\beta$ |
| 1 | 1 | — |
| 0,99 | 1,037 | 0,265 |
| 0,98 | 1,05 | 0,25 |
| 0,9 | 1,11 | 0,23 |
| 0,8 | 1,18 | 0,24 |
| 0,7 | 1,27 | 0,26 |
| 0,6 | 1,38 | 0,28 |
| 0,5 | 1,53 | 0,31 |
| 0,4 | 1,79 | 0,35 |

A curva de $\beta$ não é definida para $\cos\varphi = 1$ porque o seu valor toma a forma $\frac{0}{0}$; o cálculo analítico de $\lim\limits_{\cos\varphi=1} \beta$ exigiria que se exprimisse $\alpha$ em função de $\cos\varphi$, o que daria uma expressão complicada e sem interêsse; para conhecer com segurança o andamento das curvas acima de 0,9 calcularam-se os valores correspondentes a 0,98 e 0,99 (1).

Chegamos assim à conclusão de que, para factores de potência variando entre 1 e 0,4, o multiplicador $\alpha$ do preço do kWh deve oscilar entre 1 e 1,8, o que corresponde a facturar cada kVArh a um preço compreendido entre $^1/_5$ e $^1/_3$ aproximadamente (valor de $\beta$) do preço do kWh (2).

Uma fórmula simples que traduza estes resultados poderá ser a que se obtém fazendo

$$\beta = \frac{0{,}22}{\sqrt{\cos\varphi}}$$

cujos valores acompanham com grande aproximação os do quadro anterior, exceptuando os do ramo ascendente da curva na região dos factores de potência de 0,95 a 1.

Mas a diferença do valor de $\beta$ nessa região não interessa por dois motivos: primeiro, porque o número de kVArh absorvidos com cargas tão pouco reactivas é tão pequeno que qualquer diferença no seu preço (e as do caso presente são pequenas) não afecta o montante da factura; segundo, porque nos casos industriais correntes não é fácil atingir tais valores sem uma compensação muito forte. (3)

Como a existência de factores de potência muito baixos, representa mais um defeito da instalação receptora do que uma necessidade legítima, pode aceitar-se sem dificuldade que o

---

(1) A subida do valor de $\beta$ que se nota na vizinhança da unidade, que corresponde ao valor elevado da derivada de $\alpha$ nessa região, provém da influência do $\cos\varphi$ na capacidade de transporte das linhas.

(2) H. Nissel, na obra *Der Einfluss des cos φ auf die Tarifgestaltung der Elektrizitätswerke* (Ed. Springer—1928) que apresentou como tese de doutoramento, deduz, com simplicidade excessiva, uma tarifa teórica de energia reactiva, considerando uma central térmica com rêde de cabos subterrâneos (rêde da BEWAG, de Berlim) e tomando apenas em conta a influência do preço das máquinas e cabos e a perda Joule. Os multiplicadores a que chega para o preço do kWh, andam à volta de 0,9 dos valores de $\alpha$ que acabamos de calcular.

(3) Consideremos, por exemplo, o caso de $\cos\varphi = 0{,}98$ que dá teòricamente $\beta = 0{,}25$ e $\alpha = 1{,}0508$. A fórmula proposta dá $\beta = 0{,}222$ que conduz a $\alpha = 1{,}0451$: a diferença é de 0,0057, isto é, a redução no montante da factura da energia não chega a 0,6 %.

preço da energia reactiva seja um pouco superior a estes valores teóricos, com o que se assegura melhor defesa do distribuïdor, principalmente no caso das centrais térmicas, e se aplica ao consumidor uma penalidade justa.

Se, por êste motivo, aumentarmos os valores da fórmula cêrca de 15 %, chegaremos a

$$\beta = \frac{0{,}25}{\sqrt{\cos \varphi}}$$

e a tarifa poderá ser assim estabelecida: $k_o$ por cada kWh mais $\frac{0{,}25\ k_o}{\sqrt{\cos \varphi}}$ por cada kVArh.

Esta tarifa será caracterizada pelos coeficientes indicados no seguinte quadro e nas curvas $T_1$ das Fig. 2 e 3:

| cos φ | Coeficientes | |
|---|---|---|
| | α | β |
| 1 | 1 | 0,250 |
| 0,9 | 1,128 | 0,264 |
| 0,8 | 1,210 | 0,280 |
| 0,7 | 1,303 | 0,298 |
| 0,6 | 1,432 | 0,323 |
| 0,5 | 1,613 | 0,354 |
| 0,4 | 1,902 | 0,395 |

Admitimos, contudo, que o factor 0,25 possa ser aumentado até 0,30 (curva $T_2$ da Fig. 3) nos casos em que haja especial empenho em dificultar o abuso da energia reactiva. (1)

D) — **As fórmulas correntes**

São muito variados os critérios correntes na tarifação da energia reactiva. Todos êles se baseiam no cálculo do factor de potência médio da instalação, obtido a partir das leituras de contadores de energia activa e reactiva ou de dois contadores monofásicos ligados segundo o método dos dois wattimetros. Admite-se, portanto, que o factor de potência é constante no tempo, o que não é geralmente verdadeiro; mas as diferenças daí resultantes tanto podem ser nocivas para o distribuïdor (pior cos φ às horas da ponta) como favoráveis (pior cos φ às horas vazias), o que conduz a que se aceite geralmente o critério da média.

Só no caso de consumidores particularmente importantes, susceptíveis de influenciar fortemente o serviço da rêde, se justificam precauções especiais consistindo na instalação de contadores de energia reactiva de marcha não reversível, para evitar a acção das cargas capacitivas, ou na montagem de fasímetros registadores para verificar a marcha diária do factor de potência, ou ainda na fixação, para a energia reactiva, de preços diferentes consoante as horas.

---

(1) Se considerarmos o caso da central térmica com o diagrama de 4000 horas, encontramos os seguintes valores teóricos para α:

0,9 — 1,10
0,8 — 1,19
0,7 — 1,28
0,6 — 1,43
0,5 — 1,51
0,4 — 1,93

A curva $T_1$ corre ainda um pouco acima dêstes valores, excepto no último em que passa ligeiramente abaixo; ela parece, portanto, satisfazer todos os casos normais.

Vamos passar em revista algumas tarifas correntes que dividiremos em dois grupos: o 1.º grupo compreendendo as tarifas em que tôda a energia reactiva é tarifada explìcitamente; o 2.º grupo compreendendo as tarifas em que parte da energia reactiva não é tarifada, o que equivale a considerar essa parte como gratuita ou como implícita no preço de kWh. (1)

1) *Tarifas do 1.º grupo*

I — *Tarifa de preço constante*

Êste tipo de tarifa, designado algumas vezes por tarifa Boucherot (2), consiste em facturar por um lado os kWh a $k_o$ e por outro lado os kVArh a $\beta k_o$, mas atribuindo a $\beta$ um valor fixo, geralmente 0,2 ou 0,3. (3)

A importância a pagar pelo consumidor é, como no caso teórico atrás considerado,

$$t = k_o \, W_a \, (1 + \beta \operatorname{tg} \varphi)$$

o que equivale a dizer, segundo uma redacção corrente, que o consumidor paga, ao preço $k_o$, os kWh consumidos mais 0,2 ou 0,3 da leitura do contador de energia reactiva. Esta soma da energia activa com uma parte da energia reactiva é designada por energia complexa ou indicada.

A comparação com os resultados anteriores mostra que $\beta = 0{,}2$ é um valor baixo, sendo mais justo adoptar 0,3 (curva I da Fig. 3); mas êste critério de tarifação, que é muito simples e tem certa lógica, como o demonstra o seu autor no artigo citado, tem a desvantagem de ser benevolente para os factores de potência muito maus, pois que, para $\cos \varphi < 0{,}52$, dá preços inferiores aos teóricos.

Calculando para esta tarifa o coeficiente $\alpha$ obtem-se

$$\alpha = 1 + 0{,}3 \operatorname{tg} \varphi$$

cujos valores estão reproduzidos na curva I da Fig. 2.

A tarifação da energia reactiva foi autorizada em França pela circular ministerial de 24 de Novembro de 1919, relativa a modificações a introduzir na redacção dos cadernos de encargos das concessões; nela se aconselha a adopção dêste tipo de tarifa com o coeficiente 0,3. (4)

II — *Tarifa de energia complexa*

Êste tipo de tarifa é baseado, como o anterior, na contagem de uma energia complexa, mas

---

(1) Consultar:
R. Menjelou, obra citada.
H. Nissel, obra citada.
R. M. Fichter, *Les compteurs d'électricité* (Ed. Dunod — 1929).
A. Curchod, *Memento d'électrotechnique,* Tômo III (Ed. Dunod — 1934).
A. Iliovici, *Tarification rationnelle de l'énergie réactive* (R. G. E. n. 8 — Tômo XXII, 1927).
A. Derdeyn, *Examen de quelques formules de tarification de l'énergie réactive* (R. G. E. n.º 25 — Tômo XXIII, 1928).
G. Finocchi, *Il fattore di potenza* (Ed. Hoepli — 1930).
D. J. Bolton, *Costs and tariffs in electricity supply* (Ed. Chapman — 1938).

(2) P. Boucherot, *La tarification de l'energie électrique eu égard au cos φ de l'abonné* (R. G. E. n.º 3 — Tômo III, 1918).

(3) A tarifa que atrás propomos é baseada, como esta, no critério de facturar separadamente as energias activa e reactiva; difere dela por não ser $\beta$ constante.

(4) R. Menjelou e A. Iliovici, nos trabalhos citados, referem, sem indicar data, que posteriormente foi aconselhada a redução do coeficiente para 0,2; mas a consulta da legislação francesa (Ch. Blaevoet, *Recueil des lois, décrets, arrêtés, circulaires et cahiers des charges relatifs à la production et à la distribuition de l'énergie électrique* — Paris, 1930) não dá, salvo êrro, nenhuma indicação a êsse respeito.

Encontra-se, pelo contrário, nos cadernos de encargos-tipo mais recentes (Janeiro de 1928) a permissão de facturar a energia reactiva por esta tarifa mas sem indicação de coeficiente.

esta é calculada de forma diferente: uma fracção da energia activa somada com uma fracção da energia aparente, geralmente $^2/_3$ da primeira com $^1/_3$ da segunda.

É conhecida pelo nome de tarifa Arnò, e tem a fama de ser a mais antiga [1].

A importância a pagar pelo consumidor é dada por

$$t = k_o \left( \frac{2\,W_a}{3} + \frac{W}{3} \right) = k_o\, W_{\bar{a}} \left( \frac{2}{3} + \frac{1}{3 \cos \varphi} \right)$$

donde

$$\alpha = \frac{2}{3} + \frac{1}{3 \cos \varphi} = \frac{1 + 2 \cos \varphi}{3}$$

e

$$\beta = \frac{1 - \cos \varphi}{3 \operatorname{sen} \varphi}$$

Estes valores estão reproduzidos nas curvas II respectivamente das Figs. 2 e 3.

Ambas as curvas mostram que a tarifa dá valores muito baixos; mas se modificarmos os coeficientes da energia complexa, fazendo-os ambos iguais a 0,5, será (tarifa IIA)

$$t = k_o\, W_a \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2 \cos \varphi} \right)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} + \frac{1}{2 \cos \varphi} = \frac{1 + \cos \varphi}{2 \cos \varphi}$$

$$\beta = \frac{1 - \cos \varphi}{2 \operatorname{sen} \varphi}$$

Estes valores estão figurados nas curvas IIA, muito mais próximas das curvas teóricas do que as primeiras, mas ainda inferiores a elas.

Êste tipo de tarifa é principalmente brando para os factores de potência altos, e está sujeito, além disso, a duas críticas freqüentes: exige contadores de energia aparente, mais complicados e menos exactos do que os outros, e faz pagar igualmente a energia reactiva, quer seja indutiva quer capacitiva. À segunda crítica se pode observar que as cargas capacitivas são extremamente raras, e à primeira, que o contador de energia aparente não é indispensável, porque o preço da energia pode ser calculado a partir dos coeficientes $\alpha$ ou $\beta$, para o que basta montar os contadores de energia activa e reactiva que permitam o cálculo de $\cos \varphi$. Esta última solução, que também responde à primeira crítica, tem o inconveniente de ser mais trabalhosa do que o cálculo da factura feito directamente sôbre as leituras dos contadores; mas êste defeito é inerente à grande maioria das tarifas de energia reactiva.

Para aplicação de tarifas como esta ou como a anterior, baseadas no valor de uma energia complexa, qualquer que seja a forma da sua definição, adoptam-se por vezes tipos especiais de contadores em que essa energia complexa é lida directamente.

Achamos condenável esta prática, que só tem o mérito de não alarmar o consumidor, que em muitos casos passa a pagar a energia reactiva sem o perceber; a operação assemelha-se a uma viciação não fraudulenta do contador.

Tais contadores, dando leituras sem significação física, deixam de ser aparelhos eléctricos de medida para passarem a máquinas de contabilidade; não permitem qualquer estudo estatístico de consumos e não deixam sentir ao consumidor a redução de encargos que lhe traria a compensação dos motores. Nem têm a seu favor uma redução sensível de custo em relação à

---

[1] Riccardo Arnò, *Atti dell'Associazione elettrotecnica italiana* — Março, 1910.

montagem de contadores separados, não só porque são mais caros do que um contador simples mas porque, nos grupos de medida em alta tensão, os contadores pesam pouco ao lado dos transformadores.

III — *Tarifa de energia aparente*

Êste tipo de tarifa, muito simples, consiste em facturar ao consumidor a energia aparente pelo preço da energia activa. É portanto uma variante da anterior, em que os coeficientes que definem a energia complexa são 0 e 1.

O custo da energia é dado por

$$t = k_0 W = k_0 \frac{W_a}{\cos \varphi}$$

donde

$$\alpha = \frac{1}{\cos \varphi}$$

e

$$\beta = \frac{1 - \cos \varphi}{\operatorname{sen} \varphi}$$

Estes valores estão representados nas curvas III das Fig. 2 e 3, que cortam as curvas teóricas para $\cos \varphi = 0{,}9$; daí para baixo a tarifa é excessivamente severa.

IV — *Tarifa variável com a raiz quadrada do factor de potência*

Na tarifa de energia aparente, a importância da factura, para energia activa constante, varia na razão inversa do factor de potência; na presente tarifa essa importância varia na razão inversa da raiz quadrada do mesmo factor.

Virá então

$$t = \frac{k_0 W_a}{\sqrt{\cos \varphi}}$$

e, portanto

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{\cos \varphi}}$$

$$\beta = \frac{\sqrt{\cos \varphi} - \cos \varphi}{\operatorname{sen} \varphi}$$

As curvas IV das Fig. 2 e 3, que reproduzem estes valores, mostram que a tarifa é insuficiente.

V — *Tarifa de centésimos*

Consiste em aplicar uma percentagem de aumento ao preço do kWh (em geral 2 %) por cada centésimo de redução do factor de potência. Resulta, portanto, que o preço do kWh varia linearmente com o $\cos \varphi$.

A importância a pagar vale

$$t = k_0 W_a [1 + 2 (1 - \cos \varphi)]$$

e, portanto

$$\alpha = 1 + 2 (1 - \cos \varphi)$$

e

$$\beta = \frac{2 (1 - \cos \varphi)}{\operatorname{tg} \varphi}$$

Estes valores, reproduzidos nas curvas V das Figs. 2 e 3, mostram que a tarifa é muito severa, mais ainda do que a tarifa III, até cos $\varphi = 0{,}5$; muito perto dêste ponto cruzam-se as curvas III e V, passando a segunda para baixo da primeira. É de notar que com esta tarifa o preço do kVArh (coeficiente $\beta$) apresenta um máximo para cos $\varphi = 0{,}63$, o que não é lógico.

Se reduzirmos o aumento de preço para 1 % (também adoptado), os valores de $\beta$ reduzem-se a metade e os de $\alpha$ reduzem-se a metade na parte que excede a unidade (curvas VA das Figs. 2 e 3); a tarifa torna-se mais equitativa mas mantém um andamento muito diferente do da tarifa teórica, mostrando-se insuficiente para valores de cos $\varphi$ afastados de 0,6.

VI — *Tarifa binómia com ponta de potência aparente*

Êste tipo de tarifação da energia reactiva, aplicável ao caso das tarifas binómias, consiste em tomar a parcela relativa á ponta, proporcional à potência aparente, em vez de o ser à potência activa, como é de uso.

A importância a pagar toma a forma

$$t = \frac{a\ P_a}{\cos \varphi} + b\ W_a$$

em que *a* e *b* são os coeficientes próprios da tarifa. O valor de $k_o$ virá então, fazendo cos $\varphi = 1$,

$$k_o\ W_a = a\ P_a + b\ W_a$$

donde

$$k_o = \frac{a}{h} + b$$

e, portanto

$$\alpha k_o = \frac{a}{h \cos \varphi} + b$$

Designando por *m* a relação entre *a* e *b*, isto é, fazendo $a = m\ b$ vem

$$\alpha = \frac{m + h \cos \varphi}{(m + h) \cos \varphi}$$

e

$$\beta = \frac{m\ (1 - \cos \varphi)}{(m + h) \operatorname{sen} \varphi}$$

Para $m = h$ êstes valores de $\alpha$ e $\beta$ transformam-se nos que foram calculados para a tarifa II A; mas, no caso presente, o preço da energia reactiva vai depender não só do factor de potência mas ainda da utilização do consumidor *h* e do factor *m* característico da tarifa binómia.

As utilizações da ponta de consumidores industriais oscilam geralmente entre 1000 e 3000 horas anuais; o factor *m* anda também, geralmente, dentro dos mesmos limites. Se a tarifa binómia foi estabelecida com o critério justo de dar ao consumidor um preço variável com a utilização, nas condições precisas em que o daria uma central própria, o coeficiente *m* oscila geralmente entre 2000 e 3000; mas se se atender a que é razoável fazer beneficiar o consumidor do coeficiente de diversidade das grandes rêdes, para lhe atenuar o pêso de uma utilização má, o coeficiente *m* desce até 1500 ou mesmo 1000 [1].

[1] O coeficiente *a* representa a taxa anual por unidade de potência. Se, como é freqüente, a fórmula de tarifa for estabelecida para aplicação mensal, é necessário, para o cálculo de *m*, multiplicar por 12 o coeficiente da ponta.

As curvas da Fig. 4 dão $\alpha$ em função de cos $\varphi$ para os valores de 1000, 2000 e 3000 atribuídos aos parâmetros $m$ e $h$. Para cada valor de $m$, as curvas descem com o aumento de $h$, como é evidente; a curva central, desenhada a traço mais grosso, é comum aos 3 valores de $m$ e corresponde a m = h, isto é, coincide com a curva II A da Fig. 2.

Na Fig. 5 estão os valores correspondentes de $\beta$, tendo-se traçado apenas a curva central (para m = h) e as duas curvas extremas.

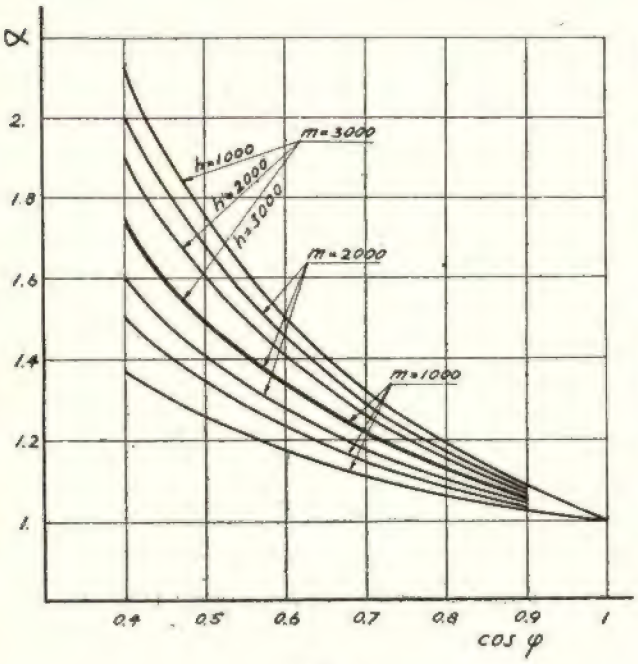



Fig. 4

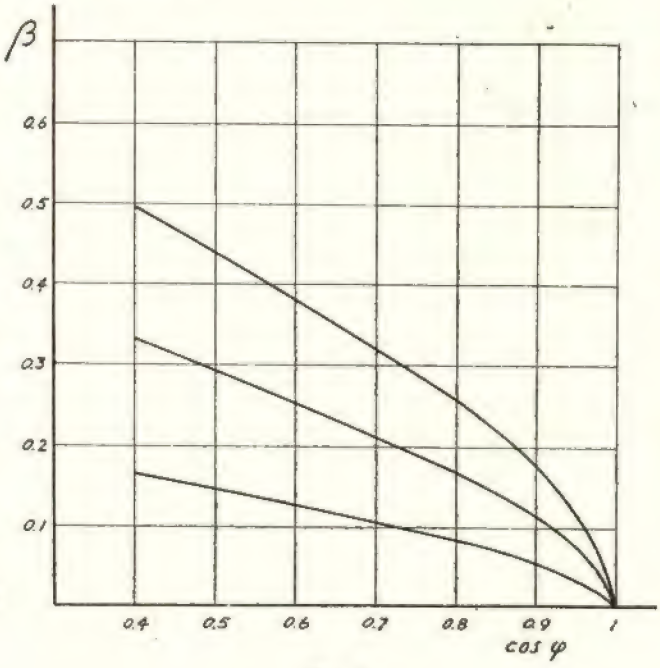



Fig. 5

A condição de igualdade entre $m$ e $h$ é uma hipótese média, muito provável; poderemos, por isso, considerar esta tarifa equivalente à tarifa II A, com a vantagem de agravar o preço da energia reactiva nas más utilizações, circunstância que caracteriza as centrais térmicas, para as quais, aliás, a tarifa binómia é mais indicada; mas tem o inconveniente já registado a propósito daquela, de não traduzir com fidelidade o preço justo da energia reactiva.

A redução do coeficiente $m$ reduz o encargo da energia reactiva; no limite m = 0, a tarifa é apenas de energia activa a preço constante; no limite m = $\infty$, teremos uma tarifa exclusivamente de ponta, aplicada com freqüência nos países escandinávios em fornecimentos hidroeléctricos.

Neste caso vem

$$\alpha = \frac{1}{\cos \varphi}$$

o que conduz à tarifa III e às mesmas curvas, com a diferença de que $k_o$ era constante e é agora inversamente proporcional à utilização.

## VII — *Tarifa binómia mixta*

É uma tarifa binómia em que se considera a ponta de potência aparente, como na anterior, e em que simultâneamente se faz incidir sôbre a parcela proporcional ao consumo um agravamento de preço, dependente do factor de potência, obtido por qualquer das formas já referidas.

Pretende-se com êste tipo de tarifa atingir um critério racional que consiste em compensar com a acção da potência aparente o aumento de encargos de estabelecimento trazido pela descida do factor de potência, e com o agravamento da parcela do consumo, o aumento das perdas.

Analisemos duas tarifas dêste tipo: uma em que o aumento da parcela do consumo é obtido segundo a tarifa I e que designaremos por tarifa VII A, e outra em que êsse aumento é obtido pelo método da tarifa V e que designaremos por tarifa VII B [1].

A tarifa VIII A considerou $\beta = 0{,}3$, o que dá para expressão da importância a pagar

$$t = \frac{a\ P_a}{\cos\varphi} + b\ (W_a + 0{,}3\ W_r)$$

e, portanto

$$k_0 = \frac{a}{h} + b$$

e

$$\alpha\ k_0 = \frac{a}{h \cos\varphi} + b\ (1 + 0{,}3\ \mathrm{tg}\ \varphi)$$

donde

$$\alpha = \frac{\dfrac{a}{h \cos\varphi} + b\ (1 + 0{,}3\ \mathrm{tg}\ \varphi)}{\dfrac{a}{h} + b} = \frac{m + h\ (\cos\varphi + 0{,}3\ \mathrm{sen}\ \varphi)}{(m + h) \cos\varphi}$$

e

$$\beta = \frac{m\ (1 - \cos\varphi) + 0{,}3\ h\ \mathrm{sen}\ \varphi}{(m + h)\ \mathrm{sen}\ \varphi}$$

Para abreviar, consideraremos apenas o caso $m = h$; nessa hipótese os valores de $\alpha$ e $\beta$ tomam a forma

$$\alpha = \frac{1 + \cos\varphi + 0{,}3\ \mathrm{sen}\ \varphi}{2 \cos\varphi} = \frac{1 + \cos\varphi}{2 \cos\varphi} + 0{,}15\ \mathrm{tg}\ \varphi$$

$$\beta = \frac{1 - \cos\varphi + 0{,}3\ \mathrm{sen}\ \varphi}{2\ \mathrm{sen}\ \varphi} = \frac{1 - \cos\varphi}{2\ \mathrm{sen}\ \varphi} + 0{,}15$$

isto é os mesmos valores que para a tarifa II A mais os correspondentes à tarifa I com $\beta$ reduzido a metade ($\beta = 0{,}15$).

As curvas VII A das Fig. 6 e 7 dão êstes valores de $\alpha$ e $\beta$ em comparação com as curvas teóricas e mostram que a tarifa é alta a partir de 0,96 mas tem um andamento muito aceitável.

A tarifa VII B aumenta a parcela do consumo 1 % por cada 2 centésimos de abaixamento de cos $\varphi$ até 0,7 e 1 % por cada centésimo daí para baixo, pelo que a importância a pagar vale

$$t = \frac{a\ P_a}{\cos\varphi} + b\ W_a\ [\ 1 + 0{,}5\ (1 - \cos\varphi)\ ]$$

até cos $\varphi$ 0,7, e

$$t = \frac{a\ P_a}{\cos\varphi} + b\ W_a\ [\ 1{,}15 + (0{,}7 - \cos\varphi)\ ]$$

de 0,7 para baixo.

---

[1] A primeira destas tarifas é preconizada nos anexos à circular ministerial francesa de 17 de Janeiro de 1920 e a segunda é apontada por Nissel, na obra já citada, como em uso numa grande central alemã.

Esta última apresentamo-la agora, para facilidade de comparação, ligeiramente modificada; a modificação consiste em considerarmos os centésimos de cos $\varphi$ que dão direito a facturação contados a partir da unidade e não a partir de 0,8 como naquela obra se indica.

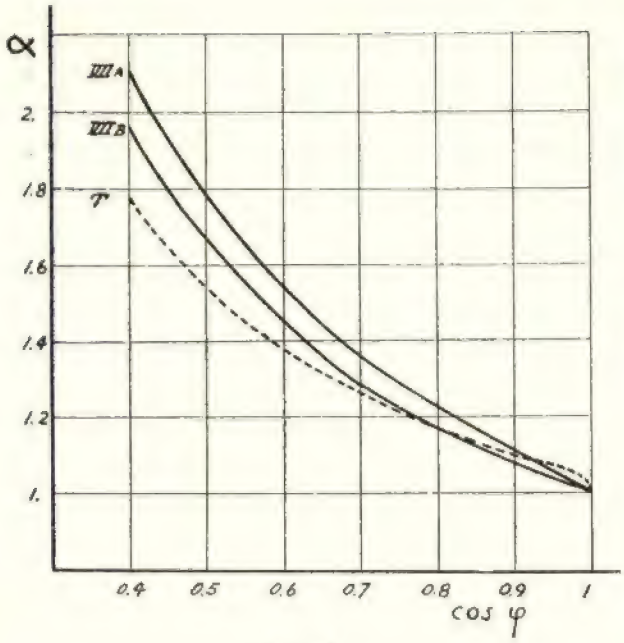



Fig. 6

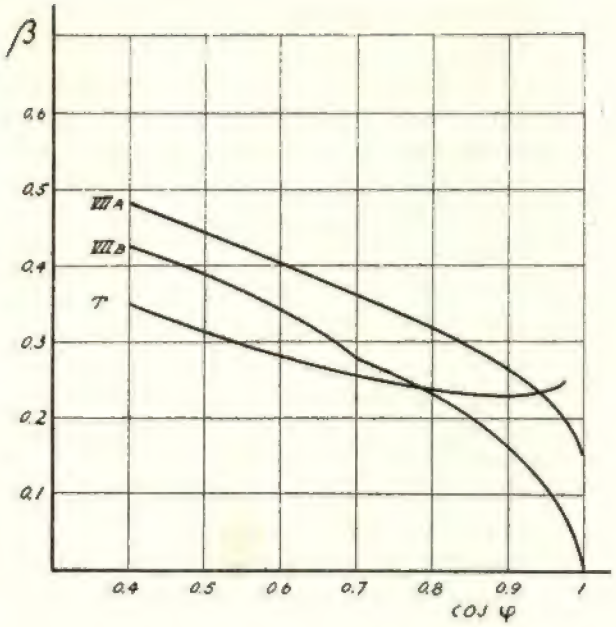



Fig. 7

Como

$$k_0 = \frac{a}{h} + b$$

vem, supondo, como anteriormente, $m = h$,

$$\alpha = \frac{1 + 1{,}5 \cos \varphi - 0{,}5 \cos^2 \varphi}{2 \cos \varphi} = \frac{1 + \cos \varphi}{2 \cos \varphi} + 0{,}25\,(1 - \cos \varphi)$$

até $\cos \varphi = 0{,}7$, e

$$\alpha = \frac{1 + 1{,}85 \cos \varphi - \cos^2 \varphi}{2 \cos \varphi} = \frac{1 + \cos \varphi}{2 \cos \varphi} + 0{,}5\,(1 - \cos \varphi) - 0{,}075$$

de 0,7 para baixo.

À semelhança do que acontece na tarifa VII A, êstes valores são a soma dos correspondentes à tarifa II A com metade dos correspondentes à tarifa V [1].

Os valores de $\beta$ tornam a forma

$$\beta = \frac{1 - \cos \varphi}{2 \operatorname{sen} \varphi} + \frac{0{,}25\,(1 - \cos \varphi)}{\operatorname{tg} \varphi}$$

até $\cos \varphi = 0{,}7$, e

$$\beta = \frac{1 - \cos \varphi}{2 \operatorname{sen} \varphi} + \frac{0{,}5\,(1 - \cos \varphi) - 0{,}075}{\operatorname{tg} \varphi}$$

de 0,7 para baixo; neles se nota a mesma soma, ja registada.

As curvas VII B das Fig. 6 e 7 reproduzem estes coeficientes; apresentam ambas um ponto anguloso para $\cos \varphi = 0{,}7$ e mostram que esta tarifa, um pouco mais leve que a anterior, tem, como ela, um andamento interessante na região dos baixos factores de potência mas passa abaixo da curva teórica à roda de 0,78

---

[1] É preciso ter em conta que a tarifa V foi estabelecida com o aumento de 2 % por centésimo ao passo que esta tem 0,5 % na primeira região e 1 % na segunda. Onde se fala na soma dos valores, deve entender-se a soma dos excessos de α sôbre a unidade, como é intuitivo.

2) *Tarifas do 2.º grupo*

O 2.º grupo em que classificámos as tarifas de energia reactiva compreende aquelas em que uma parte dessa energia não é paga, pelo menos explicitamente. Gozam dêsse privilégio os kVArh que correspondem ao factor de potência médio de 0,80 ou 0,75, isto é, à parte da leitura do contador de energia reactiva até 0,75 ou 0,88 respectivamente, (valores de tg $\varphi$) do número de kWh consumidos.

Consideraremos sempre como limite o factor de potência 0,8.

Antes de mais nada, registemos duas questões relativas ao emprêgo dêste tipo de tarifas. A primeira diz respeito à sua comparação com as tarifas do 1.º grupo e consiste em saber se o preço $k_o$ (preço base do kWh) é o mesmo ou diferente nos dois casos. Se se admite que neste grupo de tarifas o preço $k_o$ só paga a energia activa e que os kVArh até 0,8 são gratuitos, é evidente que devemos considerar o mesmo $k_o$ nos dois casos, o que torna estas tarifas mais leves que as primeiras; se admitimos, pelo contrário, que o preço $k_o$ corresponde aos encargos do kWh com $\cos\varphi = 0{,}8$, teremos que aceitar para êle um valor mais alto do que anteriormente, isto é, êste valor multiplicado pelo coeficiente $\alpha$ para $\cos\varphi = 0{,}8$, para o qual encontrámos os valores seguintes:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Tarifa teórica | 1,18 | Tarifa V | | 1,40 |
| Tarifa proposta | 1,21 | Tarifa V A | | 1,20 |
| Tarifa I | 1,23 | Tarifa VI | Max. | 1,19 |
| Tarifa II | 1,08 | | Med. | 1,13 |
| Tarifa II A | 1,13 | | Min. | 1,06 |
| Tarifa III | 1,25 | Tarifa VII A | | 1,24 |
| Tarifa IV | 1,12 | Tarifa VII B | | 1,18 |

A distinção é talvez subtil para a falta de precisão que é inevitável no estudo de uma tarifa, quando se contrata um consumidor novo, embora a diferença atinja, em média, o valor já respeitável de 15 ou 20 %; mas o problema tem maior interêsse quando se pretende começar a cobrar a energia reactiva a um consumidor já antigo; o preço anterior do kWh poderá ser tomado como base para uma tarifa do 2.º grupo, mas terá que ser reduzido na proporção apontada, para uma tarifa do 1.º grupo, salvo se o consumidor se tivesse comprometido anteriormente ao factor de potência unitário, o que nunca ou raramente sucederá. Desta forma o preço antigo será mantido se o factor de potência fôr da ordem de 0,8.

A segunda questão diz respeito ao procedimento a adoptar se o consumidor trabalhar com factor de potência superior a 0,8. São correntes dois critérios, que se prendem com o que acabamos de dizer: um considera que o preço base do kWh prevê a existência do factor de potência normal e inclui, portanto, o encargo correspondente aos kVArh absorvidos; outro critério considera que o preço do kWh estipulado no contrato representa apenas para o consumidor o direito de consumir energia activa, e que o distribuïdor, consentindo-lhe que tome essa energia com um factor de potência até ao limite mínimo de 0,8 sem aumento de preço, lhe dá um brinde com o objectivo de lhe facilitar a aplicação da fôrça motriz.

À primeira vista parece a mesma coisa, mas há entre os dois conceitos uma diferença essencial: o primeiro considera legítima a melhoria da tarifa quando se eleva o cos $\varphi$ acima de 0,8, porque isso equivale a descontar na factura a diferença entre os kVArh presumidos e os consumidos; o segundo, pelo contrário, conduz à conclusão de que a influência da energia reactiva na tarifa não é aplicável acima de 0,8, porque o facto de se receber um brinde menor não dá direito, segundo as leis da cortezia, a pedir a diferença em dinheiro.

Encontram-se aplicados indistintamente os dois modos de ver e ambos têm sua defesa: o primeiro com o argumento de que a variação do cos $\varphi$, qualquer que seja a região em que se efectue, implica sempre uma variação de encargos e, portanto, uma variação de preço, tal como

acontece em tôdas as tarifas do 1.º grupo; o segundo com o argumento de que tendo sido a central montada na previsão do factor de potência 0,8, pouco benefício resulta para o produtor da redução das cargas reactivas além deste limite.

Não parece êste último argumento de muito pêso; primeiro, porque um consumidor bom ajuda a compensar os maus; segundo, porque os consumidores bons melhoram de forma apreciável as condições de transporte das linhas, retardando por alguns anos a necessidade de refôrço; terceiro, porque a melhoria lenta do factor de potência da rêde permite, na montagem de novas máquinas ou novas centrais, prever os grupos para cos $\varphi = 0{,}90$, ou mesmo 0,95, em vez de 0,80 ou 0,75 como anteriormente.

Ainda às vezes se argumenta contra a melhoria da tarifa quando o factor de potência excede 0,8, com o fundamento de que isso corresponde a fazer pagar a energia reactiva pelo distribuïdor ao consumidor ao mesmo preço a que lha vende.

O argumento é um pouco sofístico; o distribuïdor não compra energia reactiva mas apenas deixa de a vender, porque nada estabelece como obrigatório que a energia activa seja sempre vendida conjuntamente com energia reactiva na proporção de 1 : 0,75. O que parece legítimo é que o distribuïdor não pague a energia reactiva fornecida por cargas capacitivas, se a não quiser, ou que, se lhe convier, a compre a preço mais baixo do que irá vendê-la a outros consumidores; mas não se compreende que tal doutrina se aplique tomando 0,8, em vez da unidade, para ponto de origem. Chamar normal a 0,8 é pura convenção; a natureza não assinalou êste valor com qualquer previlégio.

Por outro lado, a prática mostra que todo o consumidor que tem ideias exactas sôbre o factor de potência e sabe que é susceptível de o manter próximo da unidade, argumenta com êsse facto para obter uma redução de tarifa em relação aos outros consumidores, e nunca se afirmou que o argumento não tivesse valor. Parece portanto mais equitativo que, com carácter geral se beneficiem todos os bons consumidores; e daí o pensarmos que o factor de potência deve actuar nas tarifas mesmo acima de 0,8.

Leva-nos isto à conclusão de que as tarifas do 1.º grupo são as mais indicadas (com a ressalva feita sôbre o valor de $k_0$) porque satisfazem automàticamente a êste objectivo sem necessidade de convenções especiais. Mas como as do 2.º grupo são freqüentemente usadas, vamos passar algumas em revista para lhes vermos o aspecto e as compararmos com a tarifa teórica. Tomaremos como base cos $\varphi = 0{,}8$ e passaremos a designar por $k'_0$ o prêço do kWh para êste factor de potência.

O coeficiente $\alpha$ continuará a representar o multiplicador de $k'_0$ e $\beta$ será a fracção de $k'_0$ que representa o preço dos kVArh consumidos além daqueles a que, por facilidade de expressão, chamaremos gratuitos.

Os novos valores teóricos de $\alpha$ deduzem-se fàcilmente dos anteriores, dividindo-os por 1,18; os novos valores de $\beta$ serão obtidos da expressão

$$\alpha\, k'_0\, W_a = k'_0\, W_a + \beta\, k'_0\, (W_r - 0{,}75\, W_a)$$

donde

$$\beta = \frac{\alpha - 1}{\operatorname{tg} \varphi - 0{,}75}$$

Os valores teóricos de $\alpha$ e $\beta$ estão representados nas curvas T das Fig. 8 e 9 (1).

---

(1) Os valores teóricos de $\alpha$ e $\beta$ são agora um pouco diferentes do que eram no caso do 1.º grupo, porque o valor base $k'_0$ é diferente de $k_0$ e porque o próprio $\beta$ que antes significava o preço médio de todos os kVArh, é agora apenas o preço médio dos que excedem a parte gratuita. A expressão de $\beta$ é indeterminada para cos $\varphi = 0{,}8$ mas compreende-se que ela deve tender para o valor correspondente a 0,8 no caso anterior, feita a correcção devida à variação do preço base. Como êste está agora multiplicado por 1,18, o valor de $\beta$ tende para $\frac{0{,}243}{1{,}18} = 0{,}205$; daí a inflexão da curva e a curvatura acentuada nesta região.

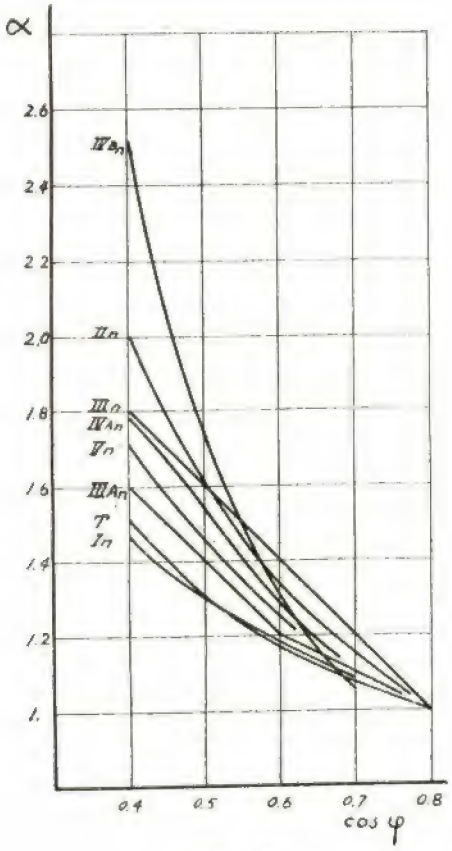



Fig. 8

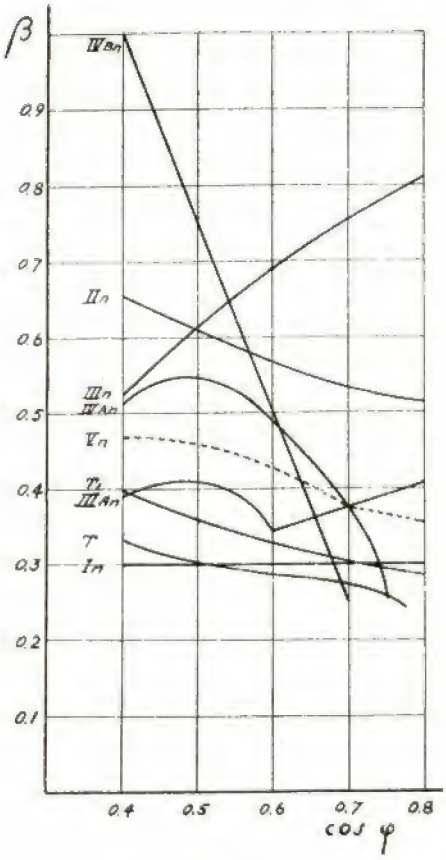



Fig. 9

Está igualmente traçada na figura 9 a curva $T_1$ relativa à fórmula proposta atrás.

$I_n$ — *Tarifa de preço constante*

Consiste, como a tarifa I, em fazer $\beta$ constante, geralmente 0,2 ou 0,3. Tomaremos 0,3 (1). Os valores de $\alpha$ são dados por

$$\alpha = 1 + 0{,}3\ (\text{tg}\ \varphi - 0{,}75)$$

As curvas respectivas são designadas por $I_n$ nas Fig. 8 e 9 e mostram que a tarifa tem as mesmas características que a correspondente do primeiro grupo.

$II_n$ — *Tarifa de energia aparente.*

Consiste em multiplicar o preço do kWh pela relação $\frac{0{,}8}{\cos \varphi}$, o que equivale a facturar 0,8 da energia aparente ao preço $k'_o$. É portanto semelhante à tarifa III.

---

(1) A. Iliovici, no artigo citado, afirma que o valor *mais apropriado para os hábitos actuais* é 0,6. Êste valor que é elevado, resultou de comparações feitas pelo autor entre êste tipo de tarifa e as tarifas que designamos adiante por $II_n$ e $III_n$, esta última oficial em França, ambas elas demasiadamente pesadas.

R. M. Fichter, na obra citada, reproduz um quadro com os multiplicadores $\alpha$ para uma tarifa dêste tipo com $\beta = 1$. Há evidente exagêro neste valor; só a título de multa pesada, se pode aceitar a igualdade de preços entre o kWh e o kVArh — com a agravante de se tratar do preço do kWh para $\cos \varphi = 0{,}8$.

BIBLIOTECA I.S.T.

A importância a pagar vale

$$t = \alpha\, k'_o\, W_a = k'_o\, W_a\, \frac{0{,}8}{\cos\varphi} = 0{,}8\, k'_o\, W$$

donde

$$\alpha = \frac{0{,}8}{\cos\varphi}$$

e

$$\beta = \frac{0{,}8 - \cos\varphi}{\operatorname{sen}\varphi - 0{,}75\cos\varphi}$$

Estes valores são exagerados como o mostram as curvas $II_n$ das Fig. 8 e 9.

Esta tarifa apresenta-se às vezes com o aspecto de uma tarifa de energia complexa obtida pela soma dos kWh com os kVAh de energia aparente multiplicados pela diferença $0{,}8 - \cos\varphi$.

De facto, pode escrever-se

$$0{,}8\, W = W_a + W\,(0{,}8 - \cos\varphi)$$

$III_n$ — *Tarifa de centésimos*

Consiste em aplicar uma percentagem de aumento a $k'_o$ (em geral 2 %) por cada centésimo do $\cos\varphi$ abaixo de 0,8.

O custo da energia é representado por

$$t = \alpha\, k'_o\, W_a = k'_o\, W_a\, [1 + 2\,(0{,}8 - \cos\varphi)]$$

donde

$$\alpha = 1 + 2\,(0{,}8 - \cos\varphi)$$

que é função linear de $\cos\varphi$, e

$$\beta = \frac{2\,(0{,}8 - \cos\varphi)}{\operatorname{tg}\varphi - 0{,}75}$$

As curvas $III_n$ das Fig. 8 e 9 mostram que a tarifa é pouco razoável, porque dá valores muito altos e, principalmente, porque exagera o custo dos kVArh quando o factor de potência se aproxima de 0,8, ao contrário do que conviria.

Esta tarifa é apresentada como alternativa da tarifa VII A na circular francesa mencionada atrás, mas é muito menos perfeita do que ela [1].

Melhora-se algumas vezes esta tarifa modificando o valor da percentagem de aumento, por escalões, à semelhança do que se fêz em VII B. É freqüente tomar 1% entre 0,8 e 0,6 e 2% daqui para baixo (tarifa $III\,A_n$). Neste caso os valores de $\alpha$ e $\beta$ entre 0,8 e 0,6 são

$$\alpha = 1{,}8 - \cos\varphi$$

$$\beta = \frac{0{,}8 - \cos\varphi}{\operatorname{tg}\varphi - 0{,}75}$$

---

[1] O artigo de A. Iliovici, já citado, dá como *conduzindo pràticamente ao mesmo resultado para cos φ entre 0,4 e 0,8*, esta tarifa, a anterior, e a tarifa $I_n$ com $\beta = 0{,}6$. Contudo, se traçarmos na Fig. 9 uma horizontal de ordenada 0,6, encontramos uma divergência bem nítida entre as três quando nos aproximamos de $\cos\varphi = 0{,}8$. Aquela afirmação resulta de se fazer a comparação sôbre o preço do kWh, onde a diferença de preço da energia reactiva, sobretudo nos factores de potência elevados, tem uma influência relativa muito pequena, como já acentuámos e onde, portanto, tôdas as tarifas são sensìvelmente iguais.

A comparação dos valores de $\beta$ é muito mais precisa e permite ajuïzar melhor o mérito das tarifas.

e de 0,6 para baixo

$$\alpha = 1{,}2 + 2\,(0{,}6 - \cos\varphi) = 2{,}4 - 2\cos\varphi$$

$$\beta = \frac{1{,}4 - 2\cos\varphi}{\operatorname{tg}\varphi - 0{,}75}$$

As duas curvas têm um ponto anguloso para $\cos\varphi = 0{,}6$ (curvas III $A_n$) sendo de notar a forma caprichosa da curva $\beta$.

Encontram-se tarifas dêste tipo em que as percentagens de aumento são ainda menores que as de III $A_n$; mas daqui para baixo começam a tornar-se insuficientes.

IV$_n$ — *Tarifa por coeficientes*

Êste tipo de tarifa consiste em multiplicar o preço do kWh por um coeficiente dado em função do cos $\varphi$ médio, quando inferior a 0,8, por uma tabela, estabelecida de maneira mais ou menos arbitrária.

Analisemos dois modelos dêste tipo: uma tarifa francesa (IV $A_n$) e a tarifa dos cadernos de encargos portugueses (IV $B_n$).

A tarifa IV $A_n$ é definida pelo seguinte quadro:

| cos $\varphi$ | Multiplicador $\alpha$ |
|---|---|
| 0,75 | 1,03 |
| 0,70 | 1,10 |
| 0,65 | 1,18 |
| 0,60 | 1,28 |
| 0,55 | 1,40 |
| 0,50 | 1,54 |
| 0,40 | 1,78 |

Calculados, a partir daqui, os valores de $\beta$, e traçadas as curvas IV $A_n$, verifica-se que a tarifa é um pouco alta e tem certa falta de lógica no máximo de $\beta$ que ocorre na vizinhança de 0,5. Embora as curvas tenham sido desenhadas com continuïdade para se ter ideia do seu andamento, é evidente que uma tarifa dêste tipo se aplica sempre por degraus.

A tarifa IV $B_n$, introduzida há 9 anos nos cadernos de encargos das concessões do Estado Português para a distribuïção de energia em alta tensão, é definida pelo quadro seguinte:

| cos $\varphi$ | Multiplicador $\alpha$ |
|---|---|
| 0,70 | 1,07 |
| 0,65 | 1,17 |
| 0,60 | 1,29 |
| 0,55 | 1,50 |
| 0,50 | 1,74 |
| 0,45 | 2,10 |
| 0,40 | 2,53 |

# Apresentando

aos Ex.mos Senhores Engenheiros, Arquitectos

e futuros Engenheiros e Arquitectos

## Tinta «MEDUSA» de Cimento Portland

**(IMPERMEÁVEL)**

**PARA USO INTERIOR OU EXTERIOR em edifícios de tejolo, paredes estucadas, piscinas, fábricas, caves úmidas, decorações, pontes de beton, subterrâneos e túneis**

Para superfícies de beton e alvenaria, incluindo blocos de cimento, tejolo, pedra, telhas, etc. A presença de umidade na superfície a pintar é uma vantagem. *Se a superfície não estiver úmida, deve ser umedecida antes de aplicar a tinta.* Sendo a **Tinta «MEDUSA» de Cimento Portland** fabricada da mesma matéria prima que o Cimento Portland, forma uma união natural com as superfícies de beton e alvenaria e não é afectado pela acção química da cal e das alcalis, que ràpidamente destroem tòdas as outras pinturas. A **Tinta «MEDUSA»** é altamente decorativa proporcionando, duma maneira económica, uma película impermeável e protectora. A **Tinta «MEDUSA» de Cimento Portland** tem como base o **Cimento Portland** sendo êste a sua característica patenteada.

### Preparação da superfície

Limpa-se perfeitamente a superfície tirando tôda a sujidade, pó e tôda a eflorescência que poderá haver. A **Tinta** *não adere a superfícies onde não se haja prèviamente tirado tôda a eflorescência. Esta operação pode efectuar-se lavando a superfície com uma dissolução de 10 % de ácido moriático.*

Em seguida deve molhar-se abundantemente com água — assim se evita que os poros das superfícies possam absorver a água da **Tinta** antes de que esta tenha podido endurecer — a-fim-de obter um bom alastramento da **Tinta,** eliminando as vergadas produzidas por uma superfície sêca. Em superfícies expostas ao sol, especialmente em tempo sêco e de calor, deve ter-se sempre grande cuidado de molhar a superfície com fartura. Isto pode fazer-se fàcilmente por meio de uma mangueira ou um pulverizador.

### Rendimento

Para superfícies lisas vulgares de alvenaria 10 libras americanas

(4 ½ quilos) de **Tinta** cobrirão entre 19 e 33 metros quadrados por demão.

### Preparação

Para a primeira demão: Juntam-se 4 ¾ litros de água a 10 libras de Tinta, deitando a Tinta lentamente e mexendo continuamente a água para que não se formem coagulos.

Para a segunda demão: Procede-se por igual forma com a única diferença que se empregam 3 ¾ litros de água por 10 libras de Tinta. (A embalagem de 10 libras serve como medida). Deve molhar-se a primeira demão antes de aplicar-se a segunda. Recomenda-se que a primeira demão seja mais delgada que a segunda, a-fim-de que a Tinta possa penetrar e tapar as grêtas e poros da superfície, preparando assim uma boa base para receber a segunda demão.

A segunda demão pode ser aplicada no dia seguinte.

Cada demão de Tinta pode ser refrescada com água, assim que tenha assezoado o suficiente para não danificar a Tinta.

### Modo de empregar

Aplica-se com uma trincha bastante larga. (Recomenda-se a trincha ROBBIALAC de 5 polegadas). A Tinta deve ser aplicada em sentido horizontal com movimento de vai e vem, mantendo a trincha ensopada em Tinta. Mexe-se a Tinta com a trincha em cada imersão a-fim-de evitar de que ela assente. Sendo a **Tinta «MEDUSA» de Cimento Portland** de fácil aplicação, e escorrendo livremente debaixo da trincha, evitando assim as vergadas, é só preciso empregar a pistola em obras grandes.

### Fendas

Para encher as fendas deve-se fazer uma massa com a Tinta na côr da superfície. Um remendo feito desta forma será quási invisível. Quando as fendas são pequenas, estas podem ser cheias com a trincha.

### Embalagem

A **Tinta «MEDUSA» de Cimento Portland** é fabricada em branco, preto e sete côres. É fornecida em latas de 10 libras, tambores de 50 libras e bidons de 350 libras (estas duas últimas embalagens só se fornecem por encomenda especial).

### Preço

78$00 por lata de 10 libras.

**Pedir CATÁLOGOS DE CÔRES e mais detalhes aos únicos distribuïdores em Portugal**

***Sociedade Robbialac, Limitada***

**Rua Nova do Carvalho, 15, 1.º — LISBOA**

As curvas de $\alpha$ e $\beta$ relativas a esta tarifa (curvas IV $B_n$ das Fig. 8 e 9) mostram que houve, no estabelecimento dêstes coeficientes, o propósito de tornar linear a variação de $\beta$ entre 0,25 e 1, para cos $\varphi$ variando entre 0,7 e 0,4; apenas se nota que dois dos multiplicadores (correspondentes a 0,65 e 0,55) dão pontos um pouco fugidos, sendo mais exacto modificá-los respectivamente para 1,16 e 1,48.

Esta tarifa presta-se à mesma crítica que a $III_n$, porque dá valores muito altos, constituindo uma penalidade tão pesada que se torna inaplicável; é porém mais lógica do que ela porque onera mais fortemente os factores de potência mais baixos.

$V_n$ — *Tarifa binómia mixta*

Semelhantemente à tarifa VII, êste tipo de tarifação da energia reactiva é aplicável às tarifas binómias e consiste em considerar a parcela relativa à ponta como proporcional à potência aparente e a parcela proporcional ao consumo afectada por um agravamento dependente do factor de potência, quando inferior a 0,8.

Vamos considerar a tarifa atrás designada por VII B mas aplicando o aumento de 1 % por cada 2 centésimos de redução de cos $\varphi$ entre 0,8 e 0,7 e 1 % por cada centésimo abaixo de 0,7.

A importância da factura vale

$$t = \frac{a\,P_a}{\cos\varphi} + b\,W_a\,[1 + 0{,}5\,(0{,}8 - \cos\varphi)]$$

até 0,7, e

$$t = \frac{a\,P_a}{\cos\varphi} + b\,W_a\,[1{,}05 + (0{,}7 - \cos\varphi)]$$

de 0,7 para baixo.

Como

$$k'_0 = \frac{a}{0{,}8\,h} + b$$

virá, considerando como nas tarifas binómias anteriores o caso médio de ser $m = h$,

$$\alpha = \frac{1 + 1{,}4\cos\varphi - 0{,}5\cos^2\varphi}{2{,}25\cos\varphi}$$

até cos $\varphi = 0{,}7$ e

$$\alpha = \frac{1 + 1{,}75\cos\varphi - \cos^2\varphi}{2{,}25\cos\varphi}$$

de 0,7 para baixo.

Os valores correspondentes de $\beta$ são

$$\beta = \frac{1 - 1{,}85\cos\varphi - 0{,}5\cos^2\varphi}{2{,}25\,\mathrm{sen}\,\varphi - 1{,}69\cos\varphi}$$

$$\beta = \frac{1 - 0{,}5\cos\varphi - \cos^2\varphi}{2{,}25\,\mathrm{sen}\,\varphi - 1{,}69\cos\varphi}$$

As curvas $V_n$ mostram um ponto anguloso para cos $\varphi = 0{,}7$, e conduzem a valores um pouco altos, embora com andamento muito aceitável.

Analisámos as tarifas freqüentes; encontram-se muitas mais e é possivel imaginar muitíssimas outras.

Chega a ser desconcertante a variedade de tipos e a diversidade dos resultados a que conduzem; tôdas têm de comum o traduzirem-se em aumentos de $\alpha$ quando o factor de potência diminui, mas algumas fazem-no com um ilogismo flagrante porque embaratecem cada vez mais o kVArh quando deviam encarecê-lo; algumas são ilógicas porque significam penalidades pesadas, e outras, ainda, não insuficientes por muito leves.

Todos êstes ilogismos se atenuam quando comparamos as tarifas estudadas com a mais freqüente e mais ilógica de tôdas elas: a que se representa geomètricamente pelas rectas $\alpha = 1$ e $\beta = 0$ e que constitui o conjunto de tôdas as tarifas que não taxam a energia reactiva.

Cremos que a diversidade de critérios pode ser conseqüência, em parte, das diferentes condições de cada rêde; mas há nela, certamente, muito de empirismo.

As tentativas que conhecemos no sentido da racionalização destas tarifas são a de Nissel, que atrás se citou, e que não consideramos satisfatória, e a de Boucherot, no artigo também citado, em que o autor apenas defende certas questões de princípio que o levaram à sua tarifa que, como vimos, é das mais perfeitas e simples.

A fórmula que propusemos é um aperfeiçoamento desta, embora com algum prejuízo da simplicidade, mas sem a tornar mais complicada do que qualquer outra; aproxima-se muito mais do andamento da curva teórica do que as tarifas que estudámos, porque muitas delas não devem ter origem mais justificada do que a de tentarem conseguir, com uma expressão matemática simples, o crescimento de $\alpha$ quando o factor de potência piora, sem cuidar de saber o que isso traduz como preço da energia reactiva.

Isto nos levou a empreender êste estudo em que, como já ficou dito, com o propósito de atingir uma situação média, sem considerar objectivamente um caso particular, houve necessidade de formular grande número de hipóteses que, nem por procurarem ser razoáveis, deixam de ser discutíveis. Cada rêde, estudada em separado, tidas em conta as suas particularidades, conduzirá a resultados diferentes; mas cremos bem que os valores a que se chegar não podem afastar-se muito daqueles que obtivemos.

### E) — A energia reactiva na marcha em paralelo.

Quando o consumidor de energia de uma rêde pública dispõe de geradoras próprias susceptíveis de marchar em paralelo com a rêde, o preço da energia reactiva já não deverá só ser calculado a partir dos encargos do distribuïdor mas também a partir dos benefícios que ela pode levar ao consumidor para compensação das suas máquinas.

Designemos por $\cos \varphi_1$ o factor de potência dos receptores, por $\cos \varphi_2$ o das máquinas geradoras do consumidor e por $\cos \varphi_3$ o da energia comprada à rêde.

Supunhamos as máquinas geradoras do consumidor em plena carga (saturadas em ampères, como usa dizer-se) e seja W a energia aparente produzida num dado intervalo de tempo (Fig. 10). Se não existisse a ligação à rêde pública, as energias activa e reactiva produzidas seriam [1]

$$W_a = W \cos \varphi_1 \quad \text{e} \quad W_r = W \operatorname{sen} \varphi_1$$

mas com a compensação obtida à custa do distribuïdor, essas energias passam para

$$W'_a = W \cos \varphi_2 \quad \text{e} \quad W'_r = W \operatorname{sen} \varphi_2$$

A energia activa que se produziu a mais

$$W'_a - W_a = W (\cos \varphi_2 - \cos \varphi_1)$$

---

[1] Supõe-se a energia aparente constante, independente do factor de potência, o que poderá não ser exacto para cargas muito reactivas, pela insuficiência da excitação.

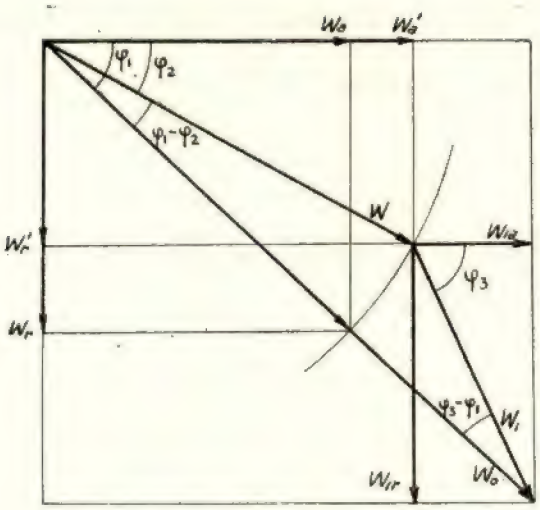



Fig. 10

foi conseguida com um número de kVArh absorvidos da rêde igual à energia reactiva que se produziu a menos, isto é,

$$W_r - W'_r = W\ (\text{sen}\ \varphi_1 - \text{sen}\ \varphi_2)$$

Cada kVArh da rêde permitiu portanto produzir um número de kWh igual a

$$\frac{W'_a - W_a}{W_r - W'_r} = \frac{\cos \varphi_2 - \cos \varphi_1}{\text{sen}\ \varphi_1 - \text{sen}\ \varphi_2}$$

Por outro lado, se a energia aparente fornecida pela rêde é $W_1$, as energias activa e reactiva compradas pelo consumidor serão

$$W_{1a} = W_1 \cos \varphi_3 \quad \text{e} \quad W_{1r} = W_1\ \text{sen}\ \varphi_3$$

de forma a totalizar a energia aparente $W_o$ exigida pelos receptores (1).

O problema está em determinar como deve ser paga a energia reactiva $W_{1r}$.

Êstes kVArh fornecidos pela rêde podem considerar-se divididos em duas partes com funções distintas: uma, de valor $W_r - W'_r$, destina-se à compensação das máquinas geradoras; a outra, que é o excedente, destina-se a ser absorvida na magnetização dos receptores à maneira vulgar.

Parece justo fazer pagar esta energia pela seguinte forma: o total $W_{1r}$ será pago a $\beta k_o$ por unidade, como no caso geral, para ter em conta o seu custo de produção pelo distribuïdor; e, além disso, a parcela $W_r - W'_r$ pagará um suplemento igual ao valor dos kWh que permitiu produzir (a $k_o$ cada, para $\cos \varphi = 1$) e que o distribuïdor deixou de vender pela utilização abusiva da sua corrente magnetizante. (2)

---

(1) Faz-se notar que sendo $W_o$ constante, a soma $W + W_1$ não o é; a energia aparente não goza da propriedade da conservação.

(2) Pode ainda dizer-se que o excesso de energia reactiva que permitiu ao consumidor produzir mais kWh foi

$$W'_a\ \text{tg}\ \varphi_1 - W'_a\ \text{tg}\ \varphi_2 = W \cos \varphi_2\ (\text{tg}\ \varphi_1 - \text{tg}\ \varphi_2)$$

e que, portanto, cada kVArh permitiu produzir um número de kWh igual a

$$\frac{\cos \varphi_2 - \cos \varphi_1}{\cos \varphi_2\ (\text{tg}\ \varphi_1 - \text{tg}\ \varphi_2)}$$

O resultado que se obtém é o mesmo; a diferença está apenas no valor da parcela de $W_{1r}$ que se considera destinada a compensar as máquinas geradoras do consumidor.

O preço médio $\beta' k_o$ de cada kVArh será então dado pela relação

$$\beta' k_o W_{1r} = \beta k_o W_{1r} + k_o (W_r - W'_r) \frac{\cos \varphi_2 - \cos \varphi_1}{\operatorname{sen} \varphi_1 - \operatorname{sen} \varphi_2}$$

donde

$$\beta' = \beta + \frac{W}{W_1} \frac{\cos \varphi_2 - \cos \varphi_1}{\operatorname{sen} \varphi_3}$$

Para um dado terno de valores atribuído aos ângulos $\varphi_1$, $\varphi_2$ e $\varphi_3$, a relação $\frac{W}{W_1}$ não é independente; de facto, projectando sôbre uma direcção normal a $W_o$, vem

$$W \operatorname{sen} (\varphi_1 - \varphi_2) = W_1 \operatorname{sen} (\varphi_3 - \varphi_1)$$

e, portanto

$$\beta' = \beta + \frac{(\cos \varphi_2 - \cos \varphi_1) \operatorname{sen} (\varphi_3 - \varphi_1)}{\operatorname{sen} \varphi_3 \operatorname{sen} (\varphi_1 - \varphi_2)}$$

que é a expressão geral do preço da energia reactiva.

Admitamos que o consumidor compensa a sua central até 0,9, porque, em geral, a potência das máquinas motrizes não permitirá mais em plena carga. Se dermos a $\beta$ o valor atrás proposto, virá

$$\beta' = \frac{0{,}25}{\sqrt{\cos \varphi_3}} + \frac{(0{,}9 - \cos \varphi_1) \operatorname{sen} (\varphi_3 - \varphi_1)}{\operatorname{sen} \varphi_3 \operatorname{sen} (\varphi_1 - 25^\circ\, 50')}$$

As curvas da Fig. 11 dão os valores de $\beta'$ em função de $\cos \varphi_3$, tomando-se $\cos \varphi_1$ como parâmetro da família.

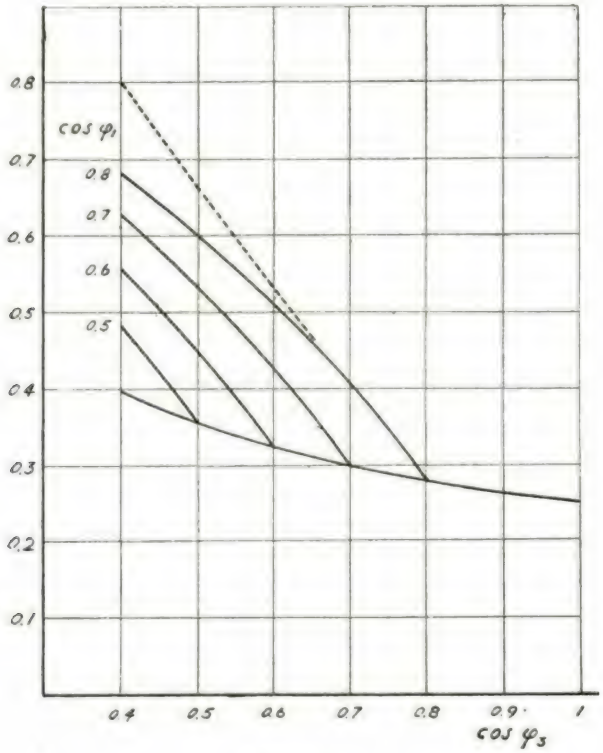



Fig. 11

A curva inferior representa $\beta' = \beta$ e é o lugar geométrico dos pontos para os quais $\cos \varphi_1 = \cos \varphi_3$ porque, nessa hipótese não há energia reactiva de compensação, e a segunda parcela de $\beta'$ é nula; tôdas as vezes que se verifique a condição $\cos \varphi_3 < \cos \varphi_1$ (e é êste o caso

que interessa) vem $\beta' > \beta$, isto é, a energia reactiva deve ser tarifada mais cara; na hipótese $\cos \varphi_3 > \cos \varphi_1$ a segunda parcela de $\beta'$ é negativa, mas deve considerar-se nula porque não há nenhuma razão de ordem física que justifique $\beta' < \beta$. Esta última hipótese corresponde ao caso de estar o consumidor a fazer com a sua central a compensação do factor de potência; com isso melhora o preço da energia que recebe, mas não adquire o direito de comprar kVArh a preço inferior a $\beta$ pelo facto de estar a pedir à rêde kWh que poderia produzir com a sua máquina se a não tivesse saturada de ampères reactivos.

É principalmente neste caso da marcha em paralelo que é de recear o fornecimento de energia reactiva à rêde, a horas a que ela não interesse, e com a qual se pode fazer desandar o contador respectivo se não se tiverem adoptado disposições para o evitar.

O andamento das curvas mostra que o excesso de $\beta'$ sôbre $\beta$ se pode considerar, dentro de certos limites, aproximadamente proporcional à diferença $\cos \varphi_1 - \cos \varphi_3$, o que permite simplificar a expressão anterior e escrever

$$\beta' = \beta + \cos \varphi_1 - \cos \varphi_3$$

O seguinte quadro mostra as diferenças entre os resultados da fórmula exacta e desta fórmula aproximada:

| $\cos \varphi_1$ | $\cos \varphi_3$ | Valores de $\beta'$ | |
|---|---|---|---|
| | | Exactos | Aproximados |
| 0,8 | 0,7 | $\beta + 0{,}110$ | $\beta + 0{,}100$ |
| | 0,6 | $\beta + 0{,}183$ | $\beta + 0{,}200$ |
| | 0,5 | $\beta + 0{,}237$ | $\beta + 0{,}300$ |
| | 0,4 | $\beta + 0{,}281$ | $\beta + 0{,}400$ |
| 0,7 | 0,6 | $\beta + 0{,}097$ | $\beta + 0{,}100$ |
| | 0,5 | $\beta + 0{,}185$ | $\beta + 0{,}200$ |
| | 0,4 | $\beta + 0{,}230$ | $\beta + 0{,}300$ |
| 0,6 | 0,5 | $\beta + 0{,}090$ | $\beta + 0{,}100$ |
| | 0,4 | $\beta + 0{,}164$ | $\beta + 0{,}200$ |
| 0,5 | 0,4 | $\beta + 0{,}086$ | $\beta + 0{,}100$ |

Para valores pequenos da diferença $\cos \varphi_1 - \cos \varphi_3$, a fórmula aproximada conduz a resultados muito próximos dos verdadeiros; para valores grandes daquela diferença, a aproximação dá um êrro por excesso, o que é vantajoso, porque castiga o abuso de fazer compensação à custa alheia. Na figura está desenhada, a traço interrompido, a curva representativa da fórmula aproximada para $\cos \varphi_1 = 0{,}8$.

### F) — **Considerações finais.**

A tarifação da energia reactiva é um problema relativamente recente. Parece que nasceu na Itália em 1910, quando o Prof. Arnò propôs a sua tarifa; só teve cunho oficial em França em 1919 e em Portugal em 1930.

Talvez por isso, está pouco espalhada, apesar da sua legitimidade evidente. A reacção dos consumidores não justifica inteiramente a sua regeição, porque se pagam muitas vezes outras coisas bem menos razoáveis; o aumento de custo dos aparelhos de medida influi muito pouco quando se mede em alta tensão; a complicação das facturas quási nem merece ser citada quando se aceitam hoje como inevitáveis tarifas de baixa tensão de facturação trabalhosa, e quando se pensa que a ordem de grandeza do número de consumidores em alta anda por um milésimo da dos consumidores em baixa.

A tendência actual é favorável às tarifas de energia reactiva; os congressos de electricidade ocupam-se freqüentemente dêste assunto; temos a convicção de que o seu uso se há de generalizar cada vez mais.

Isso nos animou a êste trabalho que procura atingir dois objectivos. O primeiro, essencial, é o de estudar um assunto que nunca foi suficientemente tratado (no caso da marcha em paralelo não sabemos mesmo que o tenha sido) e que tínhamos interêsse pessoal em esclarecer, porque o encontramos com freqüência na vida profissional; o segundo, acessório, é o de tornar possível, porventura, que em Portugal se espalhe a convicção, bem conforme com a verdade mas muito longe dos hábitos actuais, de que o saber tarifas de electricidade exige um pouco mais de estudo e meditação do que o discutir, por sentimento, se a luz a 2 escudos é cara ou barata.

# ERRATA

No anterior artigo, publicado no n.º 100 da *Técnica*, devem fazer-se as seguintes correcções:

— No fundo da pág. 221, intercalar a seguinte nota:

Se se considera numa central a potência $P_a$ constante e a potência aparente P a aumentar quando cos $\varphi$ diminui, o encargo de capital $C_1$ aumentará com o preço das máquinas, segundo a lei que adeante se indica, e o capital $C_2$ será constante. Na expressão de $k$, a influência do primeiro capital aumentará com a carga reactiva e a do segundo será fixa.

Se se considera, como atrás apontámos mais razoável, que P é constante e que $P_a$ decresce, parece que deveria considerar-se todo o capital em igualdade de condições (porque todo foi igualmente dispendido) o que implicaria que todo êle exercesse sôbre $k$ uma influência variando na razão inversa de cos $\varphi$. Mas êste tratamento seria muito severo para o factor de potência, principalmente no caso das centrais hidráulicas em que $C_2$ é avultado, porque é quási sempre possível aumentar a potência aparente com um novo grupo ou com um compensador sem aumento apreciável de $C_2$, ou, por outras palavras, é sempre possível combater a acção do factor de potência sem aumento de $C_2$.

Parece portanto mais justo continuar a considerar $C_2$ apenas função de $P_a$, o que equivale, sob o ponto de vista analítico, na hipótese de P constante, a considerá-lo proporcional a cos $\varphi$.

De facto, se representarmos por $c_0$ o custo por kW, o custo por kVA será

$$c_2 = \frac{c_0 P_a}{g P_0} = \frac{c_0 P \cos \varphi}{g P_0}$$

ou, fazendo $c_0 P = C_2$, isto é, designando por $C_2$ o capital para a potência activa máxima, será

$$c_2 = \frac{C_2 \cos \varphi}{g P_0}$$

— Na equação da nota da pág. 212, substituir $P_0'$ por $P_0$.

— Nas equações (7) e (8) eliminar $b_0$ nas expressões $xb_0$, $yb_0$ e $(y + z)\, b_0$

— No quadro da pág. 220, fazer $b_0 = \$08$, $x = 4$ e $y = 2$.

— Na pág. 221, substituir o segundo quadro pelo seguinte:

| Utilização anual | FACTOR DE POTÊNCIA | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| 1000 | $46,6 | $53,4 | $59,0 | $65,8 | $75,1 | $88,1 | 1$09,0 |
| 2000 | 27,1 | 30,6 | 33,5 | 36,9 | 41,6 | 48,2 | 58,9 |
| 3000 | 20,7 | 23,0 | 24,9 | 27,2 | 30,4 | 34,9 | 42,1 |
| 4000 | 17,5 | 19,2 | 20,9 | 22,4 | 24,8 | 28,3 | 33,8 |
| 5000 | 15,5 | 16,9 | 18,1 | 19,5 | 21,5 | 24,3 | 28,7 |
| 6000 | 14,2 | 15,4 | 16,4 | 17,6 | 19,3 | 21,6 | 25,4 |
| 7000 | 13,2 | 14,3 | 15,2 | 16,2 | 17,7 | 19,7 | 23,0 |

# Estudo sôbre circuitos de ressonância

POR C. FERRER MONCADA
PROFESSOR DO I. S. T.

O estudo presente pretende recordar a teoria de dois circuitos de ressonância: o circuito de ressonância em série (fig. 1) e o circuito de ressonância em paralelo (fig. 5).

Limitamos o nosso estudo ao caso do regime forçado em que a tensão nos terminais do circuito é alternada sinusoidal e se mantém constante em amplitude e freqüência. No próprio circuito, consideramos sòmente como variável o valor da capacidade.

Partindo das leis fundamentais do electromagnetismo, chegamos às equações de valores instantâneos que, por sua vez, nos conduzem às equações vectoriais em notação simbólica. Estas permitem-nos estabelecer os diagramas de impedância [1] e de corrente, de onde é possível extrair com a maior simplicidade as curvas de variação das grandezas que interessam, em função do valor da capacidade do circuito.

No estudo que se segue, consideramos os fenómenos como quási-estacionários e não tomamos, portanto, em linha de conta a energia radiante. Além disso, desprezamos as perdas de energia no dieléctrico do condensador e no circuito magnético da bobina. Como sistema de unidades adoptamos o sistema electromagnético.

Nos fenómenos quási-estacionários é lícito desprezar o campo magnético originado pela variação do fluxo do vector deslocamento em relação ao campo magnético da corrente de condução e considerar êste como concentrado nas bobinas de indução. As equações do electromagnetismo tomam então a forma:

$$\left(\int_{\widehat{s}\downarrow}\right)\left(\vec{E}\,d\vec{s}\right)_t = -\frac{d}{dt}\iint_{F\widehat{s}\downarrow}\left(B_n\,df\right)_t \qquad (1)$$

$$\left(\int_{\widehat{s}\downarrow}\right)\left(\vec{H}\,d\vec{s}\right)_t = 4\pi\iint_{F\widehat{s}\downarrow}\left(i_n\,df\right)_t \qquad (2)$$

$$\vec{i} = \sigma\left(\vec{E} + \vec{E}_e\right) \text{ [1]} \qquad (3)$$

em que adoptamos as seguintes notações:

$\left(\vec{E}\,d\vec{s}\right)_t$ ..... valor instantâneo do produto escalar entre o vector campo eléctrico $\vec{E}$ e o vector caminho de circulação $d\vec{s}$.

$\left(\vec{H}\,d\vec{s}\right)_t$ ..... valor instantâneo do produto escalar entre o vector campo magnético $\vec{H}$ e o vector caminho de circulação $d\vec{s}$.

$\left(B_n\,df\right)_t$ ..... valor instantâneo do fluxo elementar do vector indução magnética $\vec{B}$ através da superfície $df$.

$\left(i_n\,df\right)_t$ ..... valor instantâneo do fluxo elementar do vector densidade de corrente $\vec{i}$ através da superfície $df$.

$\vec{E}_e$ ..... vector intensidade electromotriz devida a heterogeneidades do circuito.

$\sigma$ ..... conductibilidade específica.

$t$ ..... tempo.

No estudo presente adoptamos ainda as seguintes notações:

R ..... resistência .....
L ..... coeficiente de auto-indução
C ..... capacidade .....
} do circuito de ressonância.

[1] «Impedância» é a notação oficial; em português deveria dizer-se «impediência», da mesma maneira que se diz «ciência» e «audiência».

[1] Na aplicação que vamos fazer a seguir, desprezamos as fôrças electromotrizes devidas às heterogeneidades dos circuitos e consideramos portanto $\vec{E}_e = 0$.

$e_k$ ..... valor instantâneo da tensão nos terminais do circuito.
$i$ ..... valor instantâneo da corrente.
$\varepsilon$ ..... base dos logaritmos naturais.
$j = +\sqrt{-1}$ .

Considerando o circuito de uma só bobina com $n$ espiras e designando por $\Phi_k$ o fluxo de indução magnética ligado com $n_k$ espiras da mesma bobina podemos, a partir da equação (1), escrever a circulação do vector campo eléctrico ao longo dêste circuito sob a forma:

$$\left(\int_{\widehat{s}}\right)(\vec{E}\,\vec{ds})_t = -\frac{d}{dt}\sum_{k=1}^{k=n}(\Phi_k n_k) = -\frac{d\chi}{dt} \qquad (4)$$

em que $\chi$ representa o fluxo total de indução magnética através duma superfície que se apoia sôbre todas as espiras da bobina.

Admitindo a ausência de magnetes permanentes e supondo a permeabilidade magnética independente do valor instantâneo da corrente, a equação (2) permite-nos obter a relação:

$$\chi = i\,L \qquad (5)$$

que exprime o fluxo total de indução magnética $\chi$ ligado ao circuito da única bobina em questão em função da corrente que lhe dá origem e do coeficiente de auto-indução.

Passamos agora ao estudo particular dos circuitos de ressonância.

**I) Circuito de ressonância em série.**

O esquema de ligações encontra-se representado na fig. 1. Supomos a resistência de todo o circuito concentrada na resistência R.

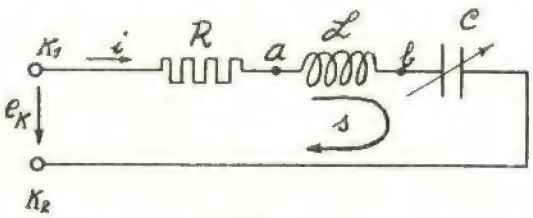



Fig. 1

A aplicação da lei de indução (4) ao longo do caminho fechado $\widehat{s} = \overline{(K_1\,a\,b\,K_2\,K_1)}$ permite-nos estabelecer com o auxílio da relação (3) a respectiva equação de valores instantâneos:

$$\left(\int_{\widehat{s}}\right)(\vec{E}\,\vec{ds}) = i\,R + \frac{\int i\,dt}{C} - e_k\,. \qquad (6)$$

O segundo membro da equação (4) exprime-se, atendendo à equação (5), sob a forma:

$$-\frac{d\chi}{dt} = -L\frac{di}{dt}\,. \qquad (7)$$

Das relações (4), (6) e (7) resulta a equação do circuito em valores instantâneos:

$$e_k = i\,R + L\frac{di}{dt} + \frac{\int i\,dt}{C}\,. \qquad (8)$$

Esta equação é válida para qualquer forma da curva de tensão nos terminais $e_k = f\,(t)$. No caso que vamos estudar admitimos que a tensão $e_k$ é alternada sinusoidal de pulsação $\omega$. A sua expressão matemática em notação simbólica será então:

$$e_k = \underset{m}{\dot{E}_k}\,\varepsilon^{j\omega t} \qquad (9)$$

em que

$$\underset{m}{\dot{E}_k} = \underset{m}{E_k}\,\varepsilon^{j\varphi_0} \qquad (10)$$

representa a amplitude complexa da tensão.

Atendendo à relação (9) a equação (8) toma a forma:

$$\underset{m}{\dot{E}_k}\,\varepsilon^{j\omega t} = i\,R + L\frac{di}{dt} + \frac{\int i\,dt}{C}\,. \qquad (11)$$

O regimen forçado do circuito corresponde ao integral particular desta equação que podemos escrever sob a forma:

$$i = \underset{m}{\dot{I}}\,\varepsilon^{j\omega t} \qquad (12)$$

em que

$$\underset{m}{\dot{I}} = \underset{m}{I}\,\varepsilon^{j\varphi} \qquad (13)$$

representa a amplitude complexa da corrente. Da equação (12) resultam as relações:

$$\left.\begin{aligned} i\,R &= \underset{m}{\dot{I}}\,R\,\varepsilon^{j\omega t} \\ L\frac{di}{dt} &= j\,\underset{m}{\dot{I}}\,\omega\,L\,\varepsilon^{j\omega t} \\ \frac{\int i\,dt}{C} &= -j\,\underset{m}{\dot{I}}\,\frac{1}{\omega C}\,\varepsilon^{j\omega t}\,. \end{aligned}\right\} \ldots \qquad (14)$$

Introduzindo as relações (14) na equação (11) obtem-se a equação vectorial de tensões em notação simbólica:

$$\dot{E}_{k_m} = \dot{I}_m R + j \dot{I}_m \omega L - j \dot{I}_m \frac{1}{\omega C} \cdot \qquad (15)$$

Atendendo às relações

$$\dot{E}_{k_m} = \sqrt{2}\ \dot{E}_k$$

$$\dot{I}_m = \sqrt{2}\ \dot{I}$$

entre os valores máximos ($\dot{E}_{k_m} \dot{I}_m$) das grandezas sinusoidais e os seus respectivos valores eficazes ($\dot{E}_k$, $\dot{I}$) obtem-se a partir da relação (15) a equação vectorial de valores eficazes em notação simbólica:

$$\dot{E}_k = \dot{I} R + j \dot{I} \omega L - j \dot{I} \frac{1}{\omega C} \cdot \qquad (15\ a)$$

Dividindo todos os termos desta equação pelo vector corrente $\dot{I}$ obtem-se a expressão da impedância $\dot{Z}$ do circuito:

$$\dot{Z} = \frac{\dot{E}_k}{\dot{I}} = R + j \omega L - j \frac{1}{\omega C} \cdot \qquad (16)$$

Desejamos estudar o que se passa no circuito quando se faz sòmente variar o valor da capacidade C e se mantém constante em amplitude e freqüência a tensão nos terminais. Convém para êste fim traçar os respectivos diagramas de impedância e de corrente do circuito, a partir dos quais é fácil extrair as curvas de variação das grandezas que interessam.

Designamos por diagrama de impedância do circuito, em determinado regimen de carga, a curva que é descrita neste regimen pela ponta do seu vector impedância traçado a partir de uma determinada origem. O diagrama de corrente será uma curva equivalente descrita pela ponta do vector corrente.

*Diagrama de impedância*

No regimen que estamos a considerar ($R =$ $=$ const, $L =$ const, $\omega =$ const, $C =$ variável), a curva descrita pela ponta do vector $\dot{Z}$ (equação 16), quando se faz variar a capacidade C desde $C = \infty$ até $C = 0$ é uma semi-recta, representada na fig. (2), que parte do ponto $a$ ($R + j\omega L$) para $C = \infty$, é perpendicular ao

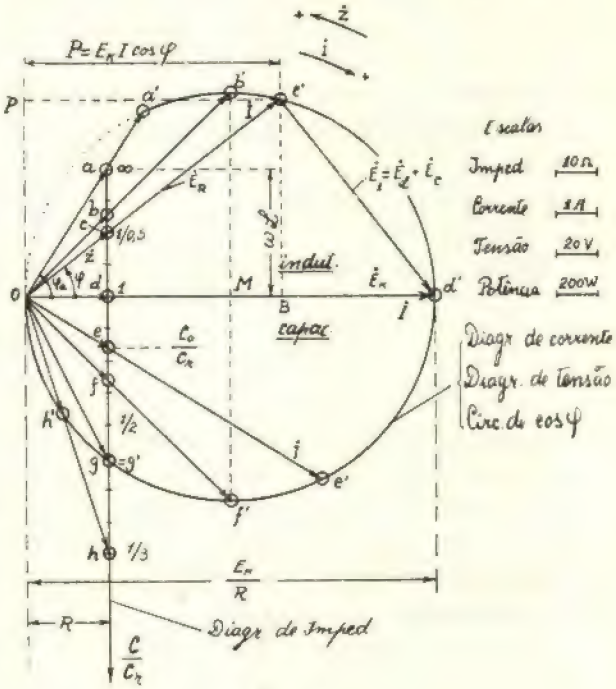



Fig. 2

eixo real e dirige-se no sentido do semi-eixo $-j$.

Para o valor da capacidade

$$C = C_r = \frac{1}{\omega^2 L} \qquad (17)$$

a impedância $\dot{Z}$ (equação 16) atinge um valor mínimo e reduz-se à sua parte real R. O circuito comporta-se para $C = C_r$ como uma resistência ohmica pura. Diz-se então que o circuito está em ressonância com a freqüência que lhe é imposta.

Sob o ponto de vista energético conclui-se, a partir da equação (16), que a energia do campo eléctrico do condensador e a energia do campo magnético da bobina oscilam em oposição. A troca das duas energias é reversível. A carga recíproca dos dois campos só é, porém, completa para $C = C_r$, isto é, no caso da ressonância.

Na fig. 2 encontra-se marcada sôbre o diagrama de impedância uma escala indicando

os valores da relação $\frac{C}{C_r}$ entre o valor da capacidade C do circuito e a sua capacidade de ressonância $C_r$. Assim, conhecendo $C_r$, determina-se para qualquer valor da capacidade C o respectivo vector impedância do circuito com a sua desfasagem em relação ao eixo real. O sentido de avanço do diagrama de impedância encontra-se marcado com uma seta.

*Diagrama de corrente*

Da equação (16) resulta a relação vectorial:

$$\dot{I} = \dot{E}_k \frac{1}{\dot{Z}} \quad . \tag{18}$$

Daqui se conclui que o diagrama de corrente se obtém por «inversão vectorial» do diagrama de impedância, em relação à origem das coordenadas considerada como centro de inversão, seguida de uma multiplicação de todos os vectores pela tensão constante $\dot{E}_k$.

No caso presente o diagrama de impedância é uma semi-recta que não passa pela origem e é perpendicular ao eixo real. O diagrama de corrente para $\dot{E}_k$ = const. será portanto uma circunferência passando pela origem como centro de inversão e tendo o seu centro sôbre o eixo real.

O seu diâmetro será dado pela expressão

$$D = \frac{E_k}{Z_{min.}} = \frac{E_k}{R} \quad . \tag{19}$$

Esta circunferência encontra-se traçada na fig. 2 com centro no ponto M. Fixando o vector $\dot{E}_k$ na direcção do eixo real e no seu sentido positivo [$\varphi_0 = 0$ na equação (10)] obtém-se a partir da equação (18) para o vector $\dot{I}$ a mesma direcção e o mesmo sentido do vector impedância $\dot{Z}$ desde que se tomem sinais contrários para o sentido de avanço de cada um dos dois vectores. Para o diagrama de impedância tomou-se como sentido de avanço o sentido habitual, isto é, contrário ao do movimento das agulhas do relógio e para o diagrama de corrente o sentido oposto. Na fig. 2 encontram-se estes sentidos fixados por meio de setas.

Traçado assim o diagrama de corrente interessa ver quais as grandezas que se podem obter a partir do mesmo. A cada ponto do diagrama corresponde um vector $\dot{I}$ ficando assim determinado o seu módulo I e a sua desfasagem $\varphi$ em relação à tensão $E_k$ aplicada nos terminais do circuito. As componentes activa e reactiva da corrente definidas pelas expressões:

$$I_a = I \cos \varphi$$
$$I_b = I \operatorname{sen} \varphi$$

obtêm-se directamente a partir do mesmo diagrama, como módulos das componentes do vector $\dot{I}$ respectivamente sôbre o eixo real e eixo imaginário.

A potência activa fornecida ao circuito é dada pela expressão bem conhecida:

$$P = E_k I \cos \varphi = E_k I_a \quad .$$

Como a tensão nos terminais $E_k$ é constante, conclui-se que a potência activa é directamente proporcional a $I_a$ e basta portanto traçar a devida escala sôbre o eixo real para tornar possível a sua leitura directa a partir do diagrama.

Podem fazer-se considerações análogas a respeito da componente reactiva da corrente e potência reactiva ($P_b = E_k I_b$) cuja leitura directa a partir do diagrama é igualmente possível.

*Diagrama de tensão*

Usando as notações

$$\left.\begin{array}{l} \dot{E}_R = \dot{I} R \ , \ \dot{E}_L = j \dot{I} \omega L \ , \ \dot{E}_C = -j \dot{I} \frac{1}{\omega C} \\ \dot{E}_I = \dot{E}_L + \dot{E}_C = j \dot{I} \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \end{array}\right| \tag{20}$$

podemos escrever a equação vectorial (15 a) sob a forma:

$$\dot{E}_k = \dot{E}_R + \dot{E}_L + \dot{E}_C \quad . \tag{21}$$

Das equações vectoriais (20) e (21) conclui-se que a ponta do vector $\dot{E}_R$, no regimen que estamos a considerar, descreve uma circunferência que passa pela origem 0 fig. (2) e cujo diâmetro coincide com o vector $\dot{E}_k$. Para um dado valor da relação $\frac{C}{C_r}$ obtem-se o vector $\dot{E}_R$ em fase com o vector $\dot{I}$. Traçando a corda

da circunferência que une a ponta do vector $\dot{E}_R$ com a ponta do vector $\dot{E}_k$ obtem-se o vector $\dot{E}_1 = \dot{E}_L + \dot{E}_C$ .

O módulo de cada um dos vectores $\dot{E}_L$ e $\dot{E}_C$ obtem-se a partir do diagrama por meio de relações simples:

$$\left.\begin{array}{l} E_L = I\,\omega\,L \\ E_C = E_L + E_1 \ldots \text{ para } C < C_r \text{ (carga capac.)} \\ E_C = E_L - E_1 \ldots \text{ para } C > C_r \text{ (carga indut.)} \end{array}\right\} \quad (22)$$

*Circunferência do factor de potência*

Traçando uma circunferência de diâmetro igual à unidade e passando pela origem 0 (fig. 2) é possivel obter directamente o valor do factor de potência, cos $\varphi$, correspondente a cada vector corrente $\dot{I}$ . O factor de potência é dado pelo valor numérico do comprimento da corda que une entre si os pontos de intersecção da circunferência com a recta traçada na direcção do respectivo vector corrente.

Na fig. 2 adoptaram-se escalas de maneira a dar-se a coïncidência das três circunferências atrás mencionadas —: diagrama de corrente, diagrama de tensão e circunferência do factor de potência.

Antes de passarmos a uma aplicação numérica da teoria que fica exposta resta-nos determinar os valores das grandezas: I, $E_R$, $E_L$ e $E_C$ para $C = C_r$ e bem assim o valor da capacidade C para o qual $E_C$ atinge o seu valor máximo.

Para $C = C_r$ (ressonância do circuito) obtêm-se a partir das equações (15 a), (16), (20) e (21) os seguintes resultados:

$$C = C_r \left\{\begin{array}{l} Z_{min.} = R \;,\; I_{max.} = \dfrac{E_k}{R} \;,\; \cos\varphi = 1 \\ E_R = I\,R = E_k \\ E_L = E_C = \dfrac{E_k}{R}\sqrt{\dfrac{L}{C_r}} \;. \end{array}\right\} \quad (23)$$

Êste valor de $C = C_r$ corresponde ao ponto *d* do diagrama de impedância (fig. 2) e ao ponto *d'* que pertence simultâneamente aos diagramas de corrente, de tensão e à circunferência de cos $\varphi$. A corrente I, a tensão nos terminais da resistência $E_R$ e a tensão nos terminais da bobina $E_L$ atingem um máximo para $C = C_r$. A impedância Z atinge um mínimo cujo valor é igual à resistência R do circuito.

Pretendemos finalmente calcular o valor de $C = C_o$ para o qual a tensão nos terminais do condensador $E_C$ atinge o seu valor máximo.

Das equações (15 a) e (20) resultam as expressões:

$$I = \frac{E_k}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (24)$$

$$E_C = I\,\frac{1}{\omega C} \quad . \quad (25)$$

Introduzindo a relação (24) em (25) obtém-se a seguinte expressão para $E_C$:

$$E_C = \frac{E_k}{\sqrt{\omega^2 C^2 R^2 + (\omega^2 L C - 1)^2}} \quad (26)$$

que atinge um máximo para

$$C = C_o = \frac{1}{\omega^2 L + \dfrac{R^2}{L}} \quad . \quad (27)$$

Comparando as expressões (17) e (27) verifica-se, para $R \neq 0$ , a desigualdade:

$$C_o < C_r \;.$$

Daqui se conclui que a tensão no condensador atinge o seu valor máximo para uma capacidade $C_o$ inferior à capacidade correspondente à ressonância.

*Aplicação numérica*

Dados:

$R = 20\ \Omega$ $\qquad E_k = 200$ V
$L = 0{,}1$ H $\qquad f = 50$ Hz

Resultados para o diagrama de impedância:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C_r} = 31{,}4\ \Omega$$

$C_r = 100\ \mu$F (equação 17)

$C_o = 71{,}5\mu$F (equação 27).

Escala marcada sôbre o diagrama de impedância (semi-recta da fig. 2):

$$\text{Relação}: \frac{\frac{1}{\omega C_r}}{\frac{1}{\omega C}} = \frac{C}{C_r} \quad .$$

Diagrama de corrente:

Diâmetro da circunferência: $D = \frac{E_k}{R} = 10$ A.

Diâmetro da circunferência de tensão:

$$E_k = 200 \text{ V}.$$

Resultados obtidos a partir dos diagramas para $C = C_r$ (relações 23):

$$C = C_r \begin{cases} Z_{min} = R = 20\,\Omega\,;\ I_{max} = \frac{E_k}{R} = 10\text{ A}\,;\ \cos\varphi = 1 \\ E_R = E_k = 200\text{ V}\,;\ P = E_k I \cos\varphi = 200\text{ W} \\ E_L = E_C = 318\text{ V}\,;\ P_b = E_k I \operatorname{sen}\varphi = 0\,. \end{cases}$$

Valor máximo da tensão $E_C$: [equação (26) para $C = C_o$ segundo equação (27)] $E_{C_{max}} = 380$ V.

Os diagramas correspondentes a esta aplicação numérica encontram-se traçados na fig. (2) com indicação das respectivas escalas. A circunferência traçada nesta figura corresponde simultâneamente aos dois diagramas: diagrama de corrente e diagrama de tensão. Além disso, é ainda utilizada como circunferência do factor de potência. Para avaliarmos bem a importância e utilidade prática dêstes diagramas, vamos vêr quais as grandezas que se podem lêr directamente a partir dêles para um dado valor da relação $\frac{C}{C_r}$.

Ponto c do diagrama de impedância fig. 2.

Relação $\frac{C}{C_r} = \frac{1}{0{,}5}$.

Valores extraídos directamente a partir dos diagramas:

Impedâncias

$$Z = \overline{oc} = 25{,}2\ \Omega$$
$$Z_a = Z \cos\varphi = \overline{od} = 20\,\Omega$$
$$Z_b = Z \operatorname{sen}\varphi = \overline{dc} = 15{,}6\,\Omega\,.$$

Correntes

$$I = \overline{oc'} = 8\text{ A}$$
$$I_a = I \cos\varphi = \overline{oB} = 6{,}25\text{ A}$$
$$I_b = I \operatorname{sen}\varphi = \overline{Bc'} = 4{,}9\text{ A}\,.$$

Tensões

$$E_k = \overline{od'} = 200\text{ V}$$
$$E_R = E_k \cos\varphi = \overline{oc'} = 160\text{ V}$$
$$E_1 = E_L + E_C = \overline{c'd'} = 123\text{ V}.$$

Factor de potência: $\cos\varphi = \overline{oc'} = 0{,}8$ indut.

Potência:

$$P = E_k\ I \cos\varphi = \overline{c'P} = 1260\text{ W}\,.$$

Por meio de cálculos simples obtém-se ainda as tensões na bobina puramente indutiva $E_L$ e na capacidade $E_C$:

$$E_L = I\omega L = 252\text{ V}$$
$$E_C = E_L - E_1 = 129\text{ V} \ldots [C > C_r \text{ equação (22)}].$$

Procedendo assim para outros pontos do diagrama obtêm-se as chamadas curvas de ressonância que representam as diferentes grandezas em função da relação $C/C_r$. Na fig. (3) encontram-se representadas as curvas relativas às grandezas: I, $E_k$, $E_L$, $E_C$ e $\varphi$.

A fig. 4 representa simultâneamente a variação das grandezas: $I_a = I \cos\varphi$, $I_b = I \operatorname{sen}\varphi$, Z, $Z_a = Z \cos\varphi$, $Z_b = Z \operatorname{sen}\varphi$ e $P = E_k I \cos\varphi$ em função da relação $C/C_r$.

Tôdas estas curvas foram obtidas a partir dos diagramas da fig. 2 que se resumem ao simples traçado de uma recta e de uma circunferência. Fica assim justificada a sua importância.

Os pontos das curvas de ressonância (figs. 3 e 4) e os seus correspondentes nos diagramas da fig. (2) encontram-se marcados com as mesmas letras.

Assim, torna-se possível estabelecer com mais facilidade a correspondência entre as duas representações.

As curvas da fig. 3 põem em evidência o máximo da corrente (ponto d') para $C = C_r$ (ressonância) e a sua desfasagem nula em relação à tensão $E_k$.

Para o mesmo valor da capacidade a tensão $E_L$ atinge um máximo e é igual à tensão $E_C$.

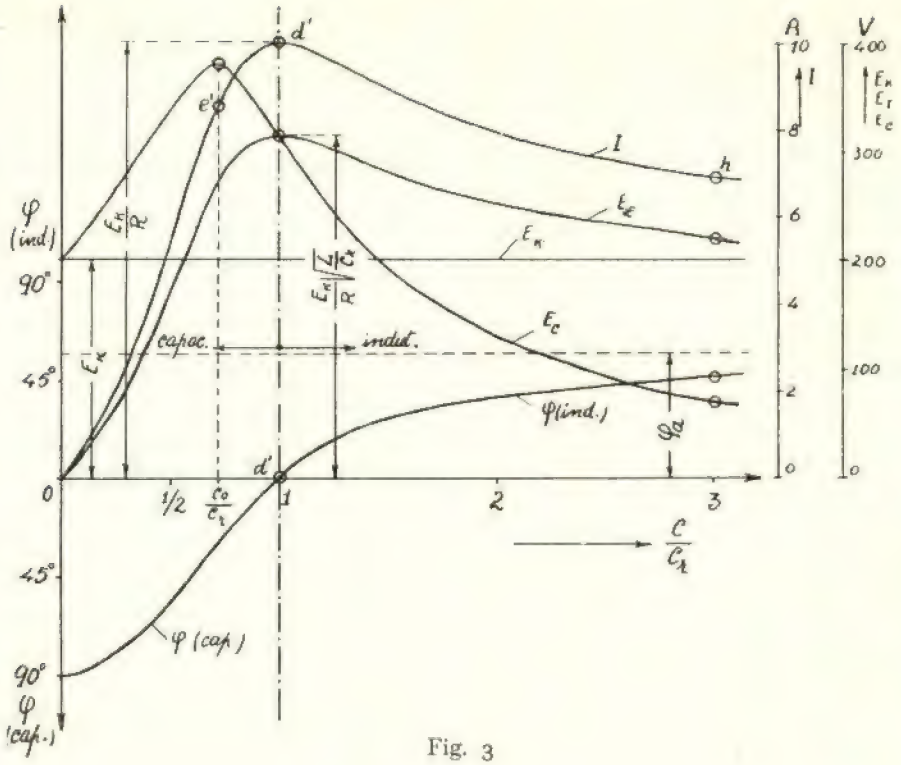

A
V
I
$E_R$
$E_L$
$E_C$
$E_R$
$E_C$
$\varphi$ (ind)
90°
45°
0
45°
90°
$\varphi$ (cap.)
capac.
indut.
$\varphi$(ind.)
$\varphi$ (cap)
$\varphi_a$
d'
e'
h
d
1/2
1
2
3
$\frac{C}{C_1}$

Fig. 3

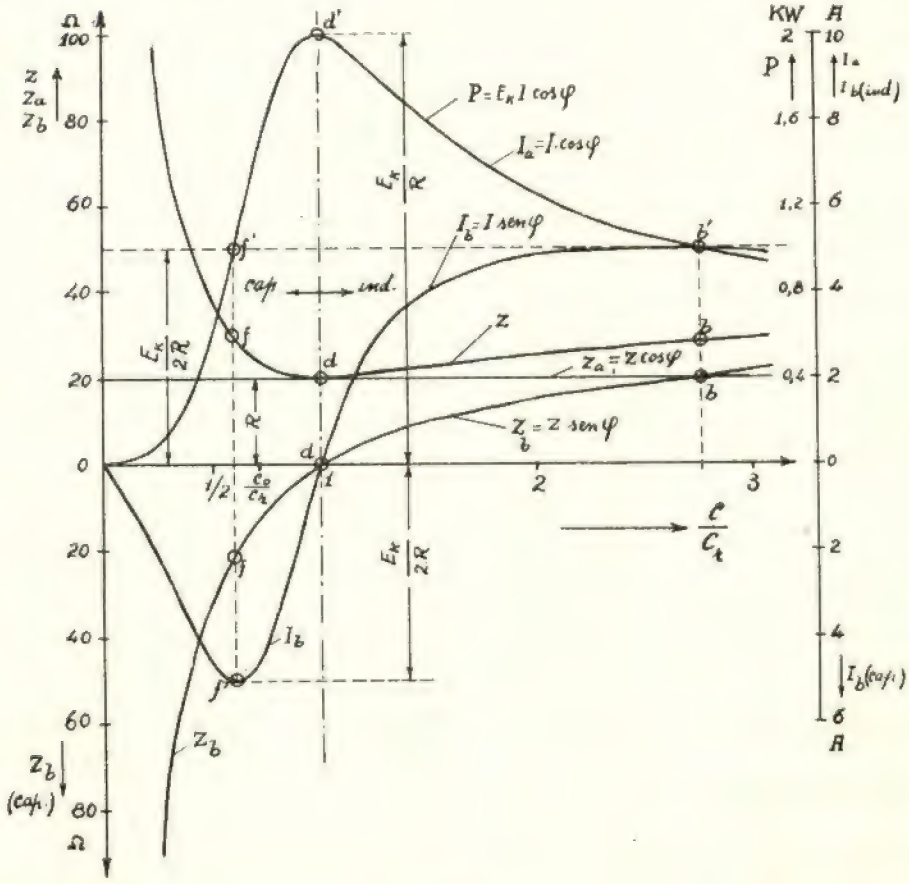

Ω
KW
A
Z
$Z_a$
$Z_b$
P
$I_a$
$I_b$(ind)
$I_b$(cap.)
$Z_b$ (cap.)
$P = E_R I \cos\varphi$
$I_a = I \cos\varphi$
$I_b = I \operatorname{sen}\varphi$
$Z_a = Z \cos\varphi$
$Z_b = Z \operatorname{sen}\varphi$
Z
$I_b$
$Z_b$
cap
ind.
d'
d
f'
f
b'
b
1/2
1
2
3
$\frac{C}{C_1}$

Fig. 4

A tensão no condensador atinge porém o seu máximo para uma capacidade $C_o$ menor do que a capacidade correspondente à ressonância.

Quando a capacidade C tende para zero (ponto no infinito da semi-recta do diagrama de impedância, fig. 2), as grandezas representadas nas figs. (3 e 4) tendem para os valores:

$$C=0 \begin{cases} Z_a = R & Z_b = \infty & Z = \infty \\ I_a = 0 & I_b = 0 & I = 0 \\ E_L = 0 & E_C = E_k & \varphi = 90^\circ . \end{cases}$$

Fazendo tender a capacidade C para infinito (ponto $a$ do diagrama, fig. 2) obtêm-se os seguintes resultados:

$$\begin{matrix} C=\infty \\ \frac{1}{\omega C}=0 \end{matrix} \begin{cases} Z_a = \overline{o\,d} = R = 20\ \Omega \\ Z_b = \overline{d\,a} = \omega L = 31{,}4\ \Omega \\ Z = \sqrt{Z_a^2 + Z_b^2} = \overline{o\,a} = 37\ \Omega \\ I = \frac{E_K}{Z} = \overline{o\,a'} = 5{,}35\ A \\ I_a = I \cos \varphi_a = 2{,}85\ A \\ I_b = I \operatorname{sen} \varphi_a = 4{,}5\ A \\ \varphi = \varphi_a \qquad \cos \varphi_a = \overline{o\,a'} = 0{,}535 \\ E_1 = E_L = \overline{a'd'} = 168\ V \qquad E_C = 0. \end{cases}$$

Estes resultados condicionam a forma das curvas (fig. 3 e 4) para valores muito pequenos e valores muito grandes da relação $\frac{C}{C_r}$.

As curvas da fig. 4 representam além do módulo Z do vector impedância as componentes activa e reactiva da impedância e da corrente. A componente activa $I_a$ tem uma variação análoga à da corrente I atingindo igualmente o seu máximo (ponto $a'$: $I_a \overline{\overline{max.}}\ I_{max.}$) na ressonância. A componente reactiva $I_b$ tem um máximo para a desfasagem $\varphi = 45^\circ$ [ponto $b'$ indut., ponto $f'$ capac. fig. (2 e 4)] atingindo o valor $I_{b\,max.} = \frac{E_k}{2\,R} = \frac{1}{2} I_{max.}$ Para êste valor de $\varphi$ dá-se a igualdade $I_b = I_a$ e portanto $I = \frac{E_k}{\sqrt{2}\,R}$. Na ressonância $I_b$ anula-se passando ràpidamente do valor máximo capacitivo (ponto $f'$) para valores indutivos.

Para $C = C_r$ a impedância Z atinge um mínimo ($Z = R$) ponto $d$ da fig. (4), anulando-se a sua componente reactiva $Z_b$. A componente activa $Z_a$ é constante e igual a R.

### II) Circuito de ressonância em paralelo

O esquema de ligações encontra-se representado na fig. 5. Supomos a resistência do

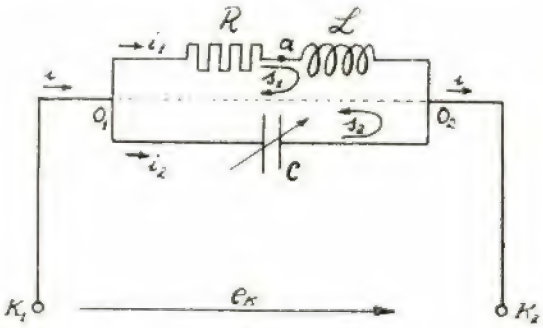



Fig. 5

circuito da bobina concentrada na resistência R e desprezamos a resistência do circuito do condensador.

A aplicação da lei de indução (4) aos circuitos $s_1 \circlearrowleft \left(\overrightarrow{o_1, a, o_2, o_1}\right)$ e $s_2 \circlearrowleft \left(\overrightarrow{o_1, C, o_2, o_1}\right)$ da fig. (5) permite estabelecer com o auxílio das relações (3) e (5) as seguintes equações em valores instantâneos:

$$e_k = i_1 R + L \frac{d i_1}{d t} \tag{28}$$

$$e_k = \frac{\int i_2\, dt}{C} . \tag{29}$$

Da equação (2) resulta para o ponto de derivação de corrente $o_1$ a relação:

$$i = i_1 + i_2 . \tag{30}$$

Admitindo que a tensão $e_k$ é alternada sinusoidal expressa pela relação (9)

$$e_k = \underset{m}{\dot{E}_k}\, \varepsilon^{j\omega t}$$

obtemos os seguintes integrais particulares para as equações (28) e (29):

$$\left.\begin{aligned} i_1 &= \underset{m}{\dot{I}_1}\, \varepsilon^{j\omega t} \\ i_2 &= \underset{m}{\dot{I}_2}\, \varepsilon^{j\omega t} . \end{aligned}\right\} \tag{31}$$

De (30) e (31) resultam as relações:

$$i = \underset{m}{\dot{I}}\, \varepsilon^{j\omega t} \qquad (32)$$

$$\underset{m}{\dot{I}} = \underset{m}{\dot{I}_1} + \underset{m}{\dot{I}_2} \qquad (33)$$

em que têm lugar as notações:

$$\underset{m}{\dot{I}_1} = \underset{m}{I_1}\, \varepsilon^{j\varphi_1}$$

$$\underset{m}{\dot{I}_2} = \underset{m}{I_2}\, \varepsilon^{j\varphi_2}$$

$$\underset{m}{\dot{I}} = \underset{m}{I}\, \varepsilon^{j\varphi} .$$

Introduzindo as relações (9) e (31) nas equações (28) e (29) e tomando em linha de conta a equação (33) obtêm-se as seguintes equações vectoriais expressas em valores eficazes:

$$\left.\begin{aligned} \dot{E}_k &= \dot{I}_1 R + j\, \dot{I}_1\, \omega L && (34\ a) \\ \dot{E}_k &= -j\, \dot{I}_2 \frac{1}{\omega C} && (34\ b) \\ \dot{I} &= \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \quad . && (34\ c) \end{aligned}\right\} \quad (34)$$

A «impedância equivalente» do circuito de ressonância em paralelo é definida pela seguinte relação:

$$\dot{Z} = \frac{\dot{E}_k}{\dot{I}} . \qquad (35)$$

De (34) e (35) resulta para a impedância $\dot{Z}$ a seguinte expressão vectorial:

$$\dot{Z} = \frac{1}{\dfrac{1}{R + j\omega L} + j\omega C} =$$

$$= \frac{1}{\dfrac{R}{R^2 + (\omega L)^2} + j\left(\omega C - \dfrac{\omega L}{R^2 + (\omega L)^2}\right)} . \qquad (36)$$

Da equação (36) conclui-se que o módulo da impedância $\dot{Z}$, em função da única variável C, atinge um valor máximo para

$$C = C_o = \frac{1}{\omega^2 L + \dfrac{R^2}{L}} . \qquad (37)$$

Para êste valor da capacidade o módulo da impedância $\dot{Z}$ reduz-se à sua parte real e toma o valor

$$Z_{max} = \frac{R^2 + (\omega L)^2}{R} = \frac{L}{C_o R} . \qquad (38)$$

Atendendo às relações (37) e (38) podemos escrever a equação (36) sob a forma:

$$\dot{Z} = \frac{1}{\dfrac{C_o R}{L} - j(\omega C_o - \omega C)} = \dot{Z}_a + \dot{Z}_b \qquad (39)$$

em que têm lugar as relações:

$$\dot{Z}_a = \frac{\dfrac{C_o R}{L}}{\left(\dfrac{C_o R}{L}\right)^2 + (\omega C_o - \omega C)^2}\, \varepsilon^{jo} ,$$

$$\dot{Z}_b = j\, \frac{(\omega C_o - \omega C)}{\left(\dfrac{C_o R}{L}\right)^2 + (\omega C_o - \omega C)^2} . \qquad (39\ a)$$

Das relações (35) e (39) resulta para a corrente $\dot{I}$ a expressão vectorial:

$$\dot{I} = \frac{\dot{E}_k}{\dot{Z}} = \dot{E}_k \left[\frac{C_o R}{L} - j(\omega C_o - \omega C)\right] =$$

$$= \dot{I}_a + \dot{I}_b \qquad (40)$$

em que têm lugar as relações

$$\dot{I}_a = \dot{E}_k \frac{C_o R}{L} , \quad \dot{I}_b = -j\, \dot{E}_k (\omega C_o - \omega C). \qquad (40\ a)$$

*Diagrama de corrente*

Vamos estabelecer o diagrama da corrente $\dot{I}$ para tensão constante nos terminais e capacidade C variável, a partir da equação vectorial (40). Fixamos o vector constante $\dot{E}_k$ na direcção do eixo real e no seu sentido positivo. No regime que estamos a considerar, a curva descrita pela ponta do vector $\dot{I}$ (equação 40) quando se faz variar a capacidade C desde C = 0 até

$C = \infty$ é uma semi-recta, representada na fig. 6, que parte do ponto $a$ definido pela relação

$$\dot{I}_{C=0} = \dot{E}_k \left( \frac{C_o R}{L} - j\omega C_o \right) = \overline{o\,a} \qquad (41)$$

para $C = 0$, é perpendicular ao eixo real e dirige-se no sentido $+j$. Para $C = C_o$ (equação 37) a corrente $\dot{I}$ está em fase com a tensão $\dot{E}_k$ e atinge um valor mínimo dado pela expressão:

$$\dot{I}_{min.} = \dot{E}_k \frac{C_o R}{L}. \qquad (42)$$

Sob o ponto de vista energético podemos concluir que a carga recíproca dos dois campos, campo eléctrico do condensador e campo magnético da bobina, é completa para $C = C_o$. Para êste valor da capacidade a componente reactiva da corrente $\dot{I}$ é nula e o circuito encontra-se em ressonância com a freqüência que lhe é imposta.

Na fig. 6 encontra-se marcada sôbre o diagrama de corrente uma escala indicando os valores da relação $\frac{C}{C_o} = \frac{E_k \omega C}{E_k \omega C_o}$ entre o valor da capacidade do circuito e a sua capacidade

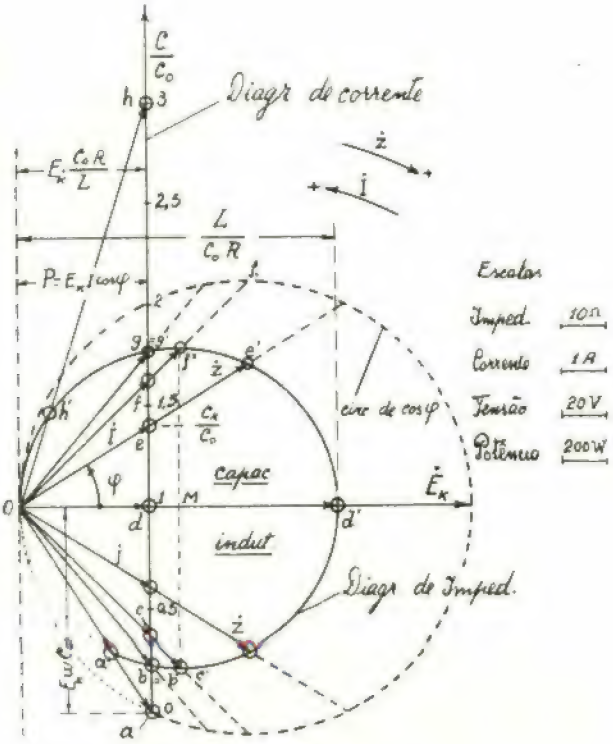



Fig. 6

de ressonância $C_o$. Para cada valor da capacidade C determina-se assim o respectivo vector corrente $\dot{I}$ com a sua desfasagem em relação à tensão nos terminais $\dot{E}_k$. O sentido de avanço do diagrama de corrente encontra-se marcado com uma seta na fig. (6).

Para $C = 0$ (ponto $a$ do diagrama) a corrente $\dot{I}$ reduz-se, segundo as equações (34), à corrente $\dot{I}_1$ do circuito da bobina visto ser nula a corrente $\dot{I}_2$.

Para $C = C_o$ (ponto $d$ do diagrama) a corrente $\dot{I}_2$ é igual em valor absoluto mas de sinal contrário à componente reactiva da corrente $\dot{I}_1$ e portanto a corrente $\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2$ reduz-se à sua componente activa.

*Diagrama de impedância.*

Da equação (35) resulta que o diagrama de impedância se obtém por «inversão vectorial» do diagrama de corrente, em relação à origem das coordenadas como centro de inversão, seguida de uma multiplicação de todos os vectores pela tensão constante $\dot{E}_k$.

Como o diagrama de corrente é uma semi-recta que não passa pela origem e é perpendicular ao eixo real, conclui-se que o diagrama de impedância será parte de uma circunferência passando pela origem e tendo o seu centro sôbre o eixo real.

O seu diâmetro será dado pela expressão:

$$D = \frac{E_k}{I_{min.}} = \frac{L}{C_o R}$$

que corresponde ao valor máximo da impedância.

Esta circunferência encontra-se traçada na fig. 6 com centro no ponto M.

Considerando o vector $\dot{E}_k$ fixo na direcção do eixo real e no seu sentido positivo, obtém-se a partir da equação (35) para o vector $\dot{Z}$ a mesma direcção e o mesmo sentido do vector corrente $\dot{I}$ desde que se tomem sinais contrários para o sentido de avanço de cada um dos vectores. Estes sentidos encontram-se fixados na fig. 6 por meio de setas. Nesta mesma figura encontra-se também traçada a circunferência do factor de potência cos φ.

O diagrama de impedância pode também obter-se directamente a partir da equação (39) sem recorrer ao diagrama de corrente. O vector $\frac{1}{\dot{Z}}$, para C variável entre 0 e $\infty$, representa, segundo a equação (39), uma semi-recta partindo do ponto $\left(\frac{C_o R}{L} - j\omega C_o\right)$ e dirigindo-se paralelamente ao eixo imaginário e no seu sentido positivo. O seu inverso $\dot{Z}$ descreve portanto a circunferência de diâmetro $Z_{max.} = \frac{L}{C_o R}$ que já tinhamos obtido.

*Aplicação numérica*

Os dados relativos à resistência, coeficiente de auto-indução e tensão nos terminais são iguais aos já mencionados para o circuito de ressonância em série.

Resultados para o diagrama de corrente:

$C_o' = 71{,}5\ \mu F$ (equação 37)

$E_k \frac{C_o R}{L} = 2{,}85$ A (equações 41 e 42)

$E_k\, \omega\, C_o = 4{,}5$ A (equação 41).

Ponto *a* do diagrama, correspondente a C = O.

Escala marcada sôbre o diagrama de corrente (semi-recta da fig. 6):

$$\frac{E_k\, \omega\, C}{E_k\, \omega\, C_o} = \frac{C}{C_o}.$$

Diâmetro da circunferência de impedância:

$$D = \frac{L}{C_o R} = 70\,\Omega \quad \text{(equação 38).}$$

Estes diagramas encontram-se traçados na fig. 6 juntamente com a circunferência de cos $\varphi$. As escalas respectivas encontram-se indicadas na mesma figura.

Seguem-se os resultados obtidos directamente a partir dos diagramas para dois valores da relação $\frac{C}{C_o}$.

*a*) Ponto *d* do diagrama de corrente (fig. 6).

Relação $\frac{C}{C_o} = 1$. Ponto de ressonância.

Impedâncias:

$$Z = Z_{max} = \overline{od'} = 70\,\Omega$$
$$Z_a = Z_{max} = \overline{od'} = 70\,\Omega$$
$$Z_b = 0.$$

Correntes:

$$I_{min.} = E_k \frac{C_o R}{L} = \overline{od} = 2{,}85 \text{ A}$$

$I_a = I_{min.} = \overline{od} = 2{,}85$ A
$I_b = 0.$ } Equação ($40_a$)

$I_1 = \frac{E_k}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} = \text{const} = \overline{oa} = 5{,}35$
$I_2 = E_k\, \omega\, C_o = \overline{ad} = 4{,}5$ A. } Equação (34)

Factor de potência:

$$\cos\varphi = 1.$$

Potência:

$$P = E_k\, I_a = \text{const} = \overline{od} = 570 \text{ W}$$

*b*) Ponto *f* do diagrama de corrente (fig. 6).

Relação $\frac{C}{C_o} = 1{,}63$, $\varphi = 45^0$ (cap.), $Z_{b_{max.}} = \frac{L}{2 C_o R}$.

| Impedâncias: | Correntes: |
|---|---|
| $Z = \overline{of'} = 49{,}5\ \Omega$. | $I = \overline{of} = 4{,}05$ A |
| $Z_a = \overline{oM} = 35\ \Omega$ | $I_a = \overline{od} = 2{,}85$ A |
| $Z_b = \overline{Mf'} = 35\ \Omega$. | $I_b = \overline{df} = 2{,}85$ A |
| Factor de potência: | $I_1 = \overline{oa} = 5{,}35$ A |
| $\cos\varphi = \overline{of_1} = 0{,}7$ (cap.). | $I_2 = \overline{af} = 7{,}35$ A. |

Potência:

$$P_a = E_k\, I_a = \overline{od} = 570 \text{ W}.$$

Procedendo de maneira análoga para outros pontos dos diagramas da fig. 6 obtém-se as curvas de ressonância que se encontram traçadas na fig. 7.

Esta figura representa simultâneamente a variação das grandezas: I, $I_a = I \cos\varphi$, $I_b = I \operatorname{sen}\varphi$, $I_1$, $I_2$, Z, $Z_a = Z\cos\varphi$, $Z_b = Z \operatorname{sen}\varphi$, $\varphi$ e

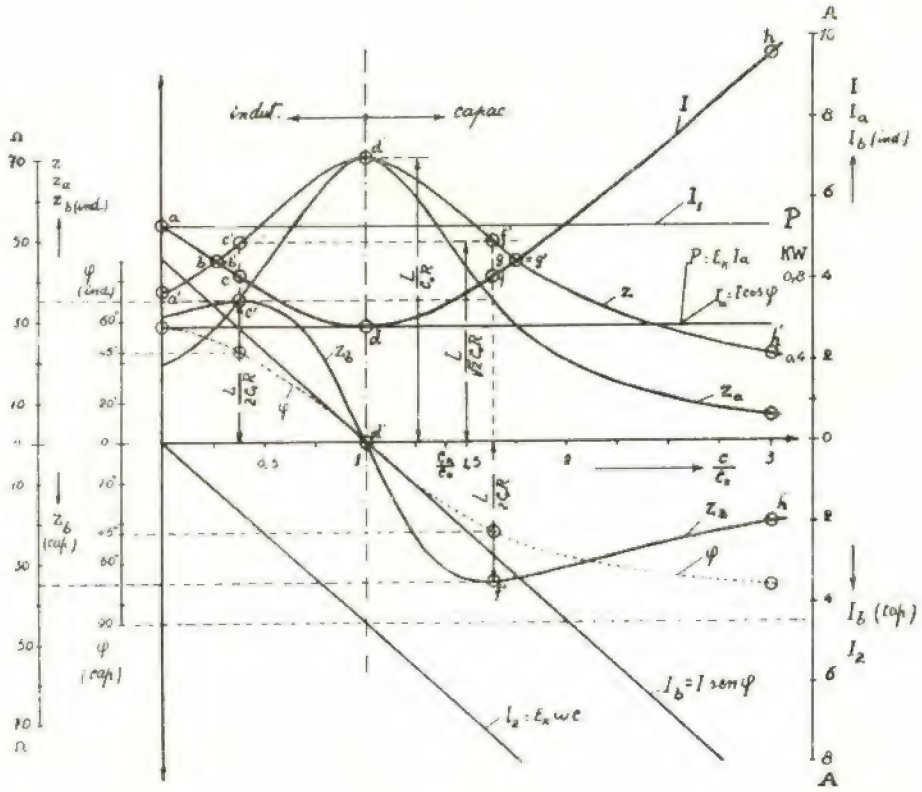



Fig. 7

$P = E_k I_a$ em função da relação $\frac{C}{C_o}$. Os pontos correspondentes das duas representações, (figs. 6 e 7), encontram-se marcados com as mesmas letras.

Para $C = 0$ [ponto $a$ do diagrama da (fig. 6)] obtém-se, à excepção de $E_C$ que na ligação em paralelo é igual a $E_k$, os mesmos valores do que na ligação em série para $C = \infty$. Fazendo tender a capacidade C para infinito [ponto no infinito do diagrama de corrente (fig. 6)] as correntes $I_2$ e I tendem também para infinito.

Para $C = C_o$, o módulo Z do vector impedância tem um máximo (ponto $d'$), $Z_{max} = \frac{L}{C_o R}$, e bem assim o módulo $Z_a$ da sua componente activa. A corrente I passa por um mínimo $I_{min} = E_k \frac{C_o R}{L}$ e a desfasagem $\varphi$ é nula.

A componente reactiva $Z_b$ da impedância tem um máximo para a desfasagem $\varphi = 45°$ [ponto $c'$ indut., ponto $f'$ capac. (figs. 6 e 7)] atingindo o valor $Z_{b_{max}} = \frac{L}{2 C_o R} = \frac{1}{2} Z_{max}$.

Para êste valor de $\varphi$ dá-se a igualdade $Z_b = Z_a$ e portanto $Z = \frac{L}{\sqrt{2}\, C_o R}$.

Na ressonância, $C = C_o$, a componente $Z_b$ anula-se passando ràpidamente do valor máximo indutivo (ponto $c'$) para o valor máximo capacitivo (ponto $f'$).

A componente activa $I_a$ da corrente I mantém-se segundo a equação ($40_a$) constante e igual a $E_k \frac{C_o R}{L}$ [ponto $d$ (figs. 6 e 7)].

A componente reactiva $I_b$ (equação $40_a$) e a corrente $I_2 = E_k \omega C$ (equação 34) variam linearmente em função de $\frac{C}{C_o}$.

* * *

Do que acabamos de expor, julgamos ficar justificado o emprêgo dos diagramas de impedância e de corrente no estudo dos circuitos de ressonância. As vantagens dêstes diagramas vectoriais sôbre outras representações, explicam a sua aplicação, cada vez mais freqüente, no dominio da electrotecnia.

# ASEA

VÉSTERAS — SUÉCIA

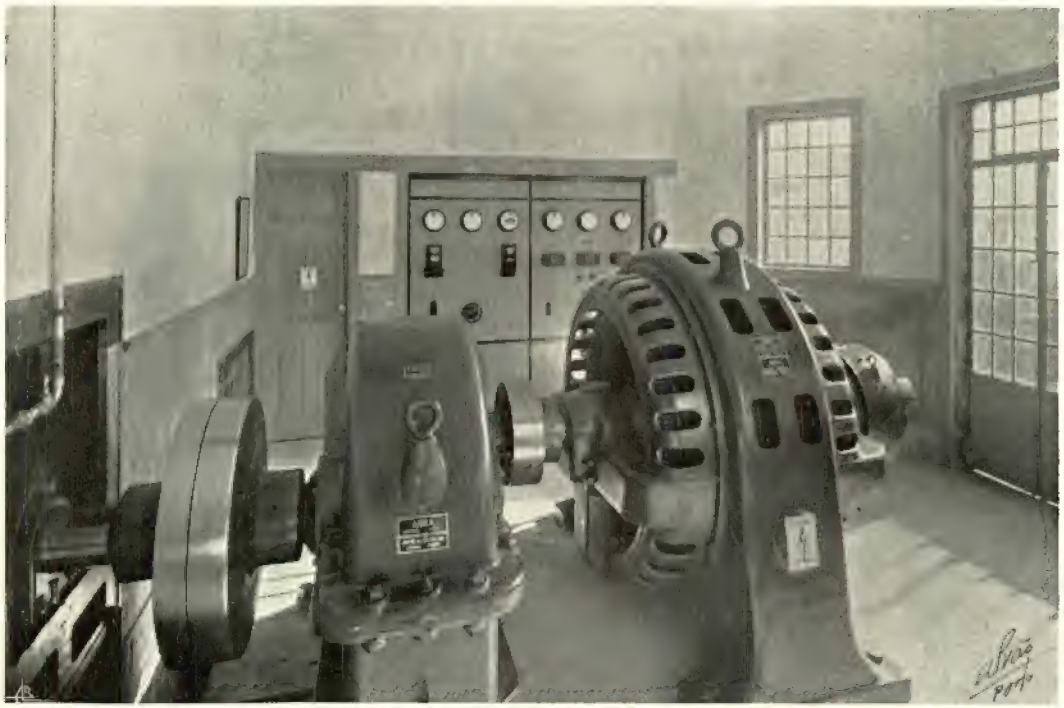
REPRESENTANTES:

**JAYME DA COSTA, L.DA**

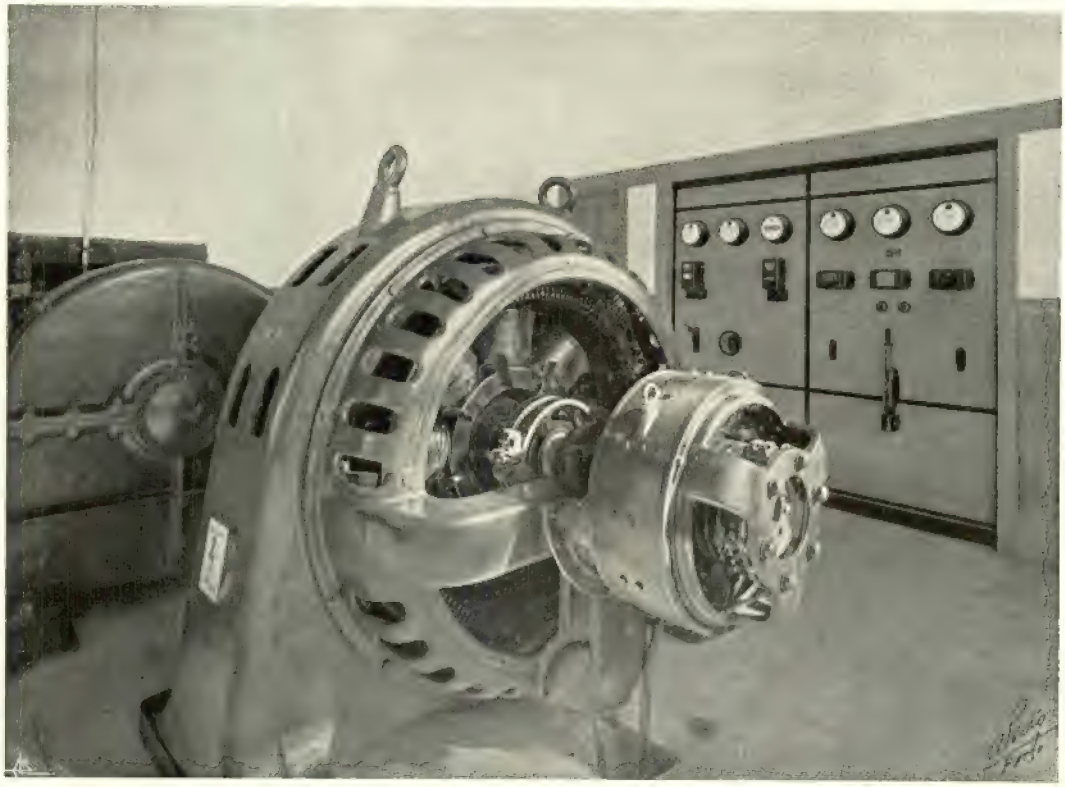
ENGENHEIROS

PORTO LISBOA

COMPANHIA FIAÇÃO PORTUENSE — PÔRTO



Alternador "ASEA" de 875 kVA, 750 r/m., 525 Volts, ligado a um reductor "ASEA" em banho de óleo, 240/750 r/m., 1000 cavalos e quadro de manobra do alternador.



Instalação fornecida em 1937


TIPOGRAFIA PÔRTO MÉDICO, LTDA. PRAÇA DA BATALHA, 12-A-PÔRTO

# JAYME DA COSTA, L.DA

**ENGENHEIROS**

**PORTO**
PRAÇA DA BATALHA, 12

**LISBOA**
RUA DOS CORREEIROS, 14

## REPRESENTANTES DAS FIRMAS

### ALLMÄNNA SVENSKA ELEKTRISKA A.B. (ASEA), VÉSTERAS, SUÉCIA

Motores e geradores de corrente contínua e alterna, transformadores, aparelhagem de alta e de baixa tensão. Ascensores, monta-cargas e gruas. Máquinas eléctricas especiais para as indústrias de fiação, tecelagem, papel, etc. Electrificação completa de fábricas, caminhos de ferro, etc.

### SVENSKA TURBINFABRIKS A.B. LJUNGSTRÖM, FINSPONG, SUÉCIA

Turbinas a vapor **STAL**.

### AKTIEBOLAGET ATLAS DIESEL, ESTOCOLMO, SUÉCIA

Motores a óleos pesados estacionários e marítimos **POLAR**.
Compressores e ferramentas pneumáticas **ATLAS**.

### AKTIEBOLAGET PENTAVERKEN, SKÖVDE, SUÉCIA

Motores marítimos **PENTA** a gasolina, petróleo e óleo. Moto-bombas, grupos electrogêneos.

### LANDIS & GYR S.A., ZUG, SUISSA

Contadores eléctricos e aparelhos derivados, relógios e auto-interruptores.

### GEBR. RITZ & SCHWEIZER, SCHWÄB. GMÜND, ALEMANHA

Bombas centrífugas, de alta e baixa pressão.

### BAMFORDS, LTD., UTTOXETER, INGLATERRA

Motores Diesel de pequenas potências, motores a gasolina e petróleo.

### SANDVIKENS JERNVERKS AKTIEBOLAG, SANDVIKEN, SUÉCIA

Aços para tôdas as aplicações.

### LOUIS BRENTA, BRUXELAS, BÉLGICA

Serras de fita para trabalhar madeira, com e sem chariot.

### JEAN VICAN, CASTELJALOUX, FRANÇA

Máquinas para trabalhar madeira.

### AKTIEBOLAGET BALTIC, ESTOCOLMO, SUÉCIA

Desnatadeiras, batedeiras, máquinas para o tratamento do leite.

### BERLIN-ANHALTISCHE MASCHINENBAU, A. G., DESSAU, ALEMANHA (BAMAG).

Materiais para transmissões, aparelhos diferenciais eléctricos, tensores de correia.

### BERLINER MASCHINENBAU-A. G. (SCHWARTZKOPFF), BERLIM, ALEMANHA

Locomotivas a vapor e a óleo, material para caminhos de ferro.

# VIDA ESCOLAR E ASSOCIATIVA

*O Departamento Aeronáutico da A. E. I. S. T. que, nos seus três anos de existência, tanto tem contribuído, já, para o desenvolvimento, entre nós, da aviação, enviou a tôdas as Faculdades, a presente circular.*

*Porque se trata de uma interessante iniciativa, a «Técnica», esperando o seu bom acolhimento, transcreve-a seguidamente.*

Por vezes a actual geração portuguesa parece desconhecer que a época em que a aviação era considerada uma novidade perigosa, a que se dedicavam apenas os temerários, passou já.

A aviação, tanto militar como civil, está actualmente comprovada como meio de acção tão necessário como eficiente.

O seu desenvolvimento é tão vasto e tão grande a sua segurança, que se torna ridículo não conhecer o seu valor.

São de lastimar aqueles nossos colegas que ainda pensam que a aviação é apenas praticada por loucos.

É tempo de acabar com êste sintoma de inferioridade e, para isso, é necessário criar entre nós o gôsto pela aeronáutica, de maneira a provar que a aviação, tal como hoje, só representa um veículo do progresso. E somos nós, melhor que ninguem, que podemos levantar a descrença pelo desporto do ar, reünindo a juventude universitária numa organização aeronáutica, à semelhança do que se tem feito nos outros países.

Assim, como exemplo, em Inglaterra, a Universidade de Cambridge, depois de várias tentativas, conseguiu organizar-se, seguindo-a imediatamente as Universidades de Oxford, Londres, Edinburgo, Glasgow, Bristol, Manchester, Birmingham, etc. À sua disposição foram postos vários aerodromos, como, por exemplo, os de Upper-Hayford, ao norte de Oxford, o de Duxford, perto de Cambridge, etc.

Hoje, a aeronáutica universitária inglesa forma um corpo de aviadores, bastante completo e muito útil ao seu país.

Em França o movimento não foi tão importante como em Inglaterra, mas é facto que em quási tôdas as Faculdades francesas se pratica a aviação desportiva em grande escala.

Na Itália, e em especial na Alemanha, essas organizações atingiram o mais amplo desenvolvimento, tendo perdido já o carácter particular, pois são hoje coadjuvadas pelo Estado.

Em Portugal, que nos conste, não existe outra organização aeronáutica universitária além do Departamento da A. E. I. S. T., e, muito menos, colaboração entre as Universidades em Portugal.

É tempo de pensar em organizar a juventude universitária. Parece-nos que devemos seguir, pelo menos, por agora, o exemplo dos estudantes ingleses, pondo de parte as organizações alemãs e italianas, visto que, tendo o Departamento três anos de existência e não tendo tido, até agora, qualquer auxílio, só devemos pensar numa organização particular.

As vantagens duma organização desta natureza são muitas.

Um Departamento Aeronáutico Universitário criaria no nosso meio, no meio intelectual da Nação, um ambiente de desenvolvimento e gôsto pelas coisas do ar. Por outro lado, prestava-se um grande serviço ao País, porque em caso de necessidade de defesa haveria a possibilidade de mobilizar ràpidamente grande número de pilotos. Mais ainda: a aviação militar teria ocasião de efectuar o seu recrutamento nas classes universitárias entre pilotos diplomados e que tivessem tido já ocasião de manifestar as suas aptidões, o que, além de representar uma medida económica, traria grandes vantágens técnicas. Mais utilidades se poderiam ainda enumerar, mas julgamos estas suficientes para bem demonstrar quão depressa é preciso agir para conseguir-se uma organização.

Por tudo quanto ficou dito, o D. A. da A. E. I. S. T. resolveu, em reünião da sua Direcção, enviar aos colegas a presente nota e cujo objectivo é:

«A união de tôdas as Faculdades do País numa organização única, denominada: *Departamento Aeronáutico Universitário*».

Para iniciar, e a-fim-de manter uma estreita colaboração, há tôda a vantagem em lançar desde já as bases da organização do Departamento entre as Universidades de Lisboa, a-fim-de, seguidamente, a tornar extensiva a todo o País.

Para isso, o Departamento aconselha os colegas:

1.º — a organizar, dentro das suas Associações, uma Secção de Aeronáutica, nas mesmas bases em que se encontra organizado êste Departamento;

2.º — a enviar um delegado a êste Departamento a-fim-de estudar a organização que pareça a melhor para cada Universidade, conforme os seus objectivos;

Assim, cada Faculdade, além do Desporto, teria todo o interêsse em dedicar-se aos assuntos relativos à sua especialidade.

A Faculdade de Direito dedicar-se-ia ao estudo do Direito Aéreo e sua legislação; à Faculdade de Ciên-

cias caber-lhe-ia o estudo meteorológico, estratosférico, etc.

3.º — a colaborar num programa de realizações imediatas e futuras.

* * *

Em virtude das circunstâncias em que êste Departamento se encontra, já pelos trabalhos que tem realizado, já por alguma prática que tem das coisas aeronáuticas, e ainda, também, por pertencer a uma Faculdade Técnica, julgamos que devemos tomar a nosso cargo o *Conselho Técnico*.

O Departamento Aeronáutico põe já à vossa disposição:

*a)* **Cursos de vôo com motor**

Estes cursos são realizados em escolas civis, que se encontram em estreita colaboração com êste Departamento, em condições bastante vantajosas.

*b)* **Cursos de vôo à vela**

Estes cursos são dados, também, por escolas civis, em organização, em condições igualmente vantajosas.

*c)* **Cursos de aviominiatura**

Estes cursos são ministrados no nosso Instituto, sob a direcção do engenheiro alemão Schoufauser.

*d)* **Conferências de aeronáutica, etc.**

Tôdas as pretensões e informações poderão ser discutidas neste Departamento por intermédio dos vossos delegados.

Para isso, aguarda o Departamento Aeronáutico do I. S. T. a vossa imediata adesão a uma idea que tem como única finalidade: ser útil à Pátria.

# BAILE DOS NOVOS ENGENHEIROS

Realizou-se a 20 do passado mês de Maio o tradicional baile de despedida dos alunos do sexto ano.

Deu-nos a honra de comparecer, o antigo director do I. S. T., sua Ex.ª o Sr. Ministro das Obras Públicas e Comunicações.

À festa, que decorreu bastante animada, assistiram, também, o Director, Professores e Assistentes da nossa Escola.

Sua Ex.ª o Sr. Ministro, com a sua extrema gentileza, acedeu, assim como o nosso Director, a figurar na fotografia que junto publicamos.

# DO MUNDO TÉCNICO

## Hidrogenação de combustíveis

O incessante desenvolvimento da motorização — na terra, no mar e no ar — e a sua importância decisiva para os efeitos da potência militar e industrial das Nações modernas, fizeram com que se colocasse em primeiro plano, tanto na Itália como algures, o problema dos carburantes.

Enquanto que a reserva mundial de combustíveis sólidos é suficiente para centenas de anos, a relativa aos combustíveis líquidos, monopolizada por alguns países possuidores das jazidas até hoje conhecidas, parecem destinadas a exgotar-se dentro de poucos decénios.

Em virtude desta perspectiva, a ciência e a técnica

A. N. I. C. — Bari.
Vista parcial do estabelecimento de S. Cataldo

mobilizaram por toda a parte os seus recursos para realizar processos com o objectivo de obter do petróleo bruto, a maior quantidade possível de gazolina, e extrair a gasolina dos combustíveis sólidos.

Após longas e profundas pesquisas, a química, que já tinha realizado com sucesso a síntese do amoníaco captando o azoto do inexgotável reservatório atmosférico, actuava o novo milagre, com a conversão das substâncias carbónicas pobres do hidrogénio em outras substâncias mais ricas de hidrogénio, aptas para o funcionamento e a lubrificação dos motores.

Tributária do estrangeiro para satisfazer a maior parte das suas necessidades de combustíveis líquidos a Itália pode dispor todavia, de uma considerável quantidade de petróleo bruto, proveniente das jazidas italianas do A. I. P. A., na Albania, e de uma importante reserva de lenhite, xistos betuminosos e rochas de asfalto, capazes de fornecer alcatrão e óleos de distilação para submeter ao tratamento de hidrogenação.

Baseadas nêsses fundamentos, a indústria química italiana e a técnica foram tambem chamadas para a resolução do problema relativo aos carburantes sintéticos nacionais, e para êsse fim, foi criado em princípios de 1936 (com a participação do A. I. P. A., do A. G. I. P. e da Montecatini) a Sociedade Nacional de Hidrogenação dos Combustíveis, «A. N. I. C.», sendo seu chefe o Ministro das Comunicações.

Depois de regular no importante laboratório químico do A. N. I. C., em Novara, um ciclo de preparação em trabalhos correspondentes ás exigências específicas da particular situação italiana, em fins do ano de 1936, o A. N. I. C. iniciava em Bari e em Livorno a construção de dois grandiosos estabelecimentos. Estes produzem, a regimen normal, cêrca de 240 000 toneladas por ano de gasolina para automóveis e aviões, quantidade que equivale á metade do consumo nacional, que em caso de necessidade pode ser elevada até atingir quasi 400 000 toneladas de carburantes.

No curto espaço de dois anos — que para instalações dêsse género constitui um verdadeiro record — a obra foi terminada, e de ha alguns mêses a A. N. I. C. começou a abastecer o mercado com carburantes nacionais.

Outras obras não menos importantes, surgiram em pouco tempo; obras marítimas para a carga e descarga dos navios-cisternas, oleodutos, aquedutos, ramais ferroviários, parques de reservatórios de matérias brutas e de produtos finos, cabinas de transformação, oficinas eléctricas, armazens, oficinas, laboratórios, secções para a produção de enxôfre, do hidrogénio, do azoto, estabilização e tratamento químico, obras de assistência, núcleos de casas para os empregados, etc., completam a imponente organização das duas unidades ao serviço da nossa emancipação autárquica.

Apontamos alguns dados estatísticos, relativos ao estabelecimento de Livorno que foi inaugurado recentemente: superfície do terreno, 500 000 metros quadrados; superfície coberta 60 000 metros quadrados; tuba-

gens, esgotos, etc., 150 000 metros; cabos eléctricos, cêrca de 50 000 metros; potência instalada, 20 000 HP; capacidade dos reservatórios, 120 000 metros cúbicos; horas de trabalho empregadas, cêrca de 9 000 000; materiais metálicos, 260 000 quintais. As proporções do estabelecimento que surgiu em Bari não são diversas.

A nova indústria nacional de hidrogenação, grandiosa expressão das admiráveis conquistas da química moderna na luta contra o monopólio das matérias primas, ao mesmo tempo que assegura ao País a gasolina

A N. I C. — Bari. Um grupo de reservatórios

para o seu consumo normal, prepara-se para encarar outros problemas. São êstes relativos á produção de 60 000 toneladas por ano de lubrificantes, de 20 000 toneladas por ano de parafina e de importantes quantitativos de isótano destinado à alimentação dos motores de aviões.

Junto ao laboratório da A. N. I. C. de Novára, que tanto serviço prestou em relação aos estudos sôbre a hidrogenação e sôbre o aperfeiçoamento do ciclo de trabalho, continuam as pesquisas relativas ao complexo problema dos combustíveis líquidos.

Assim é que a A. N. I. C., pela sua preparação técnica, pelo aperfeiçoamento das suas instalações, pela seriedade dos meios científicos de que dispõe, é uma organização que dará a mais completa garantia no futuro.

Da Legação de Itália

# Protecção anti-aérea na Inglaterra

por L. RUCQOI

Ing.

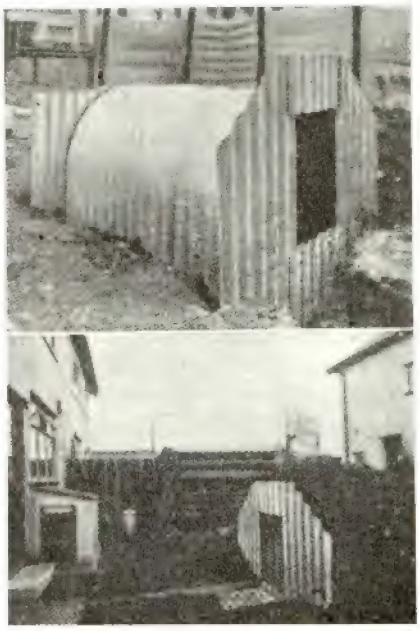
Ultimamente o Govêrno inglês tem tomado disposições várias para a protecção do seu país contra ataques aéreos.

O território foi dividido em zonas de três categorias:

1) zonas vulneráveis;
2) zonas menos expostas;
3) zonas não expostas.

O fim imediato consiste em prover toda a população das zonas vulneráveis de protecção eficaz.

Nestas zonas são distribuídos abrigos gratüitos à população, orçada em 20 milhões de pessoas, cujo salário anual é inferior a 250 libras por ano.



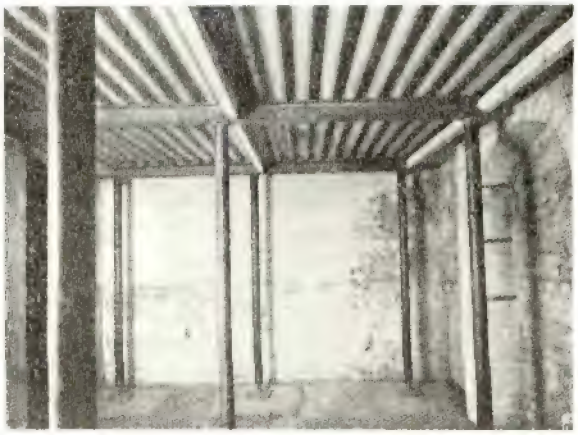
Abrigo "Anderson" acabado e coberto de terra

Foram estabelecidos dois tipos de abrigo:

1) o abrigo familiar, desmontável, para 4 a 6 pessoas
2) o abrigo em caves existentes, reforçadas *ad hoc*.

Além disso, foram tomadas medidas para favorecer o desenvolvimento da construção de abrigos familiares nas habitações e, colectivos em fábricas, armazéns, etc.

Notemos que os abrigos referidos não pretendem ser protecção contra os gases; esta é conseguida pela distribuïção de máscaras e organização de serviços de salvamento munidos de dispositivos para detecção e neutralização dos gases e, para socorrer os atacados.



Abrigo de cave com colunas tubulares

Notemos, também, que os abrigos previstos não dão protecção total contra os bombardeamentos, o que, caso contrário, os tornaria de preço proïbitivo, mas, sim, oferecem protecção conveniente contra os efeitos do sôpro, dos estilhaços e dos desabamentos.

Vejamos, sumàriamente, os dois tipos adoptados:

1) *Abrigo familiar «Anderson»:*

As autoridades procuraram um tipo de abrigo económico, capaz de ser produzido em ritmo acelerado e de fácil instalação. O tipo adoptado foi o abrigo «Anderson».

O corpo dêste abrigo é constituído por três painéis de chapa ondulada, galvanizada de $2^{mm}$ de espessura. O abrigo é enterrado de $1^{m},20$ no solo e, coberto de terra com uma espessura de $0^{m},50$.

O preço dêste abrigo é da ordem das 8 libras por unidade, estando a indústria metalúrgica inglêsa apta a fabricar 30 a 45 000 por semana.

O Govêrno inglês encomendou já 400 000, o que equivale à ocupação completa das fábricas durante 13 semanas.

2) *Abrigo familiar, por refôrço das caves:*

O ingleses têm procurado *normalizar* as soluções, pelo que em todos os casos, o refôrço das caves é constituído por um teto de chapa ondulada de $2^{mm}$ de espessura, suportada por ferros perfilados que assentam sôbre pilares também metálicos.

Estes abrigos foram ensaiados com o desmoronamento de um edifício, para o que se aproveitaram alguns prédios que estavam para ser demolidos.

O Govêrno britânico acaba de encomendar o material necessário para a construção de 100 000 abrigos de caves.

(De "L'Ossature Metallique" — Maio de 1939)

# NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

## Prova de Gimnástica — Regulamento

**(Jogos Desportivos Universitários de Lisboa)**

Editado pela Secção Desportiva dos Alunos da Escola do Exército

Gentilmente oferecido pelos alunos da Escola do Exército, recebemos o livrinho com o título referido, trabalho da sua Secção Desportiva.

Esta obra apresenta-se-nos a nós, não técnicos do assunto como demonstração das vastas possibilidades de trabalho e organização de quem é seu editor. Afirmação de valor, honra a Escola do Exército e, consegue sobresair do medíocre meio desportivo universitário, mostrando-se como contribuïção séria e valiosa na vasta obra de educação física em que o nosso País está empenhado.

A. R. S. M.

## 1.º Concurso Fotográfico do I. S. T.

*A Secção Fotográfica dos alunos do I. S. T., tem a honra de convidar V. Ex.ª e Sua Ex.ma Familia, a visitar a anunciada Exposição, que está patente na Associação dos Estudantes, de 26 a 30 de Junho, das 14 às 18 horas.*

# PUBLICAÇÕES RECEBIDAS

**PORTUGAL**

**Subsídios para a História da Montanística** — Pedro Joyce Diniz — Lisboa, 1939.

**FRANÇA**

Actualités Scientifiques et Industrielles
Hermann et Cie. Paris

638 — **La Théorie de la Connaissance Scientifique de Kant à nos Jours** — F. Enriques.

640 — **Humanisme, Sociologie, Philosophie** — C. Bouglé.

691 — **Race, Races, Races Pures** — E. Patte.

698 — **Le Rôle Physiologique et Morphogénétique du Noyau** — J. Brachet.

**ITÁLIA**

**Le Opere Pubbliche nella Venezia Giulia** — 1918-1938. XVI — Ministero dei Lavori Pubblici — Roma.

**Opere Pubbliche** — 1922-1932. X — Ministero de Lavori Pubblici — Roma.

**Le Corrosioni Elettrolitiche nelle Tubazioni Interrate di Ghisa e di Acciaio, e i Metodi adottati nella Practica per Diminuire l'Entità** — Prof. O. Scarpa — extrato de «La Metallurgia Italiana», n.os 6, 9,1 o, de 1936.

**L'Economia Nazionale** — Le Oficine De Pretto — Escher Wyss di Schio — Milano, 1938.

**Turbine Idrauliche a Razione in Camera Libera e forzata** — De Pretto - Escher Wyss, S. A. — Schio.

**Gli Impianti Idroelectrici del Medio Isonzo** — E. Zorzi — extrato de «Le tre Venezie» — Dicembre 1938 - XVII.

**La Protection des Tubes en Acier contre les Courants Électriques. Essais et Applications Pratiques** — O. Scarpa.

**La Protection des Tubes en Acier par Revêtement de Ciment et D'Amiante.**

**Elenco delle Pubblicazioni del Servizio Idrográfico Italiano** — Istituto Poligráfico dello Stato — Roma, 1938. XVII.

**Tubi in Cementamianto** — S. C. Italiana. Casale Monferrato.

**Un interessante Gruppo di Trazione nella Centrale di Varzo** — Novarino Faletti — extrato de «L'Energia Elettrica», Marzo 1931.

**Valvole Rotative** — S. A. De-Pretto Escher Wyss — Schio.

**Tubi «Mannesmann-Dalmine» di Acciaio Senza Soldatura per Condotte, fino ad 825mm di Diametro Esterno** — Bergamo, 1937.

# PUBLICAÇÕES PERIÓDICAS

## PORTUGAL

A ARQUITECTURA PORTUGUÊSA E CERÂMICA E EDIFICAÇÃO — Abril de 1939.

A INDÚSTRIA DO NORTE — Março-Abril de 1939.

AGROS — Março-Abril de 1939.

BOLETIM DA JUNTA NACIONAL DE CORTIÇA — Maio de 1939.

BOLETIM DE MINAS — Ano de 1935.

BOLETIM DA ORDEM DOS ENGENHEIROS — Maio de 1939.

CLÍNICA, HIGIENE E HIDROLOGIA — Abril de 1939.

ESTUDOS — Maio de 1939.

GAZETA DOS CAMINHOS DE FERRO — 16 de Maio e 1 de Junho de 1939.

INDÚSTRIA PORTUGUESA — Maio de 1939.

O INSTITUTO — Vol. 94.º — N.º 1 — 1939.

O MUNDO PORTUGUÊS — Maio de 1939.

O SOLDADOR-CORTADOR — Abril de 1939.

OCIDENTE — Junho de 1939.

RÁDIO MOÇAMBIQUE — Abril de 1939.

REVISTA AGRONÓMICA — N.º 1 de 1938.

REVISTA DE ARTILHARIA — Março de 1939.

REVISTA OFICIAL DO SINDICATO NACIONAL DOS ARQUITECTOS — Agosto-Outubro e Novembro-Dezembro de 1938, e Janeiro-Março de 1939.

SEARA NOVA — N.os 614 a 616.

## ARGENTINA

INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACION DE MATERIALLES — Informaciones — Abril de 1939.

LA INGENIERIA — Março de 1939.

REVISTA DEL CENTRO DE ESTUDIANTES DE INGINIERIA — Ciencia y Tecnica — Maio de 1939.

## BÉLGICA

ARCOS — Março e Maio de 1939.

## BRASIL

BOLETIM DO INSTITUTO DE ENGENHARIA — Março de 1939.

REVISTA MUNICIPAL DE ENGENHARIA — Março de 1939.

## FRANÇA

LA CHRONIQUE DES MINES COLONIALES — Maio de 1939.

REVUE DE L'ALUMINIUM — Fevereiro de 1939.

## HUNGRIA

TECHNIKA — Maio de 1939.

## ITÁLIA

L'ELETROTECNICA — 10 e 25 de Maio de 1939.

L'INGEGNERE — Maio de 1939.

RÁDIO E TELEVIZIONE — Maio de 1939.

## SUÉCIA

ASEA-REVUE — Maio de 1939.


TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA, DOS ALUNOS DO I. S. T.

DIRECTOR: ROBERTO M. CHARTERS D'AZEVEDO

ADMINISTRADOR: PEDRO ARSÉNIO NUNES

BIBLIOTECÁRIO: CARLOS KRUS ABECASIS

CORPO REDACTORIAL: ISABEL MARIA GAGO, MANUEL REIS DE CARVALHO, ARTUR SILVA MARQUES

Propriedade e Edição da A. E. I. S. T.

# AEG LUSITANA DE ELECTRICIDADE

Tubos-geradores instalados na Central Tejo

**Centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de caminhos de ferro. Máquinas para soldadura eléctrica por arco e resistência para tôdas as aplicações. Estações de transformação de qualquer capacidade e tensão. Accionamentos eléctricos especiais para fábricas têxteis. Motores e aparelhagens para tôdas as indústrias.**

**Motores de duplo enrolamento sem escôvas nem resistência de arranque**

**AEG**

LISBOA
**Rua dos Fanqueiros, 12 a 16**

PORTO
**Rua Sá da Bandeira, 209 a 215**

# OFICINAS E LABORATÓRIOS

DO

# INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

**Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva**

# EMULSÕES
de asfalto para estradas

Todos os tipos e percentagens

TELEFONE 20879
Telegramas: Epalda — LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

Granulados de mármores
para exportação e para o país

Mosaicos de granulados de mármore

*OS MAIS BONITOS*
*OS MAIS RESISTENTES*
*OS MAIS VANTAJOSOS*

Soc. Portuguesa CADAN
Rua D. Estefania, 42
*Telefone 47812* *Lisboa*

## Edições da "TÉCNICA"

***Tabelas de Resistência de Materiais***
Prof. Vicente Ferreira

***Modernas Concepções da Mecânica***
Prof. Mira Fernandes

**Viga de comprimento finito assente sôbre terreno elástico**
Prof. G. Magnel

***Regulamento de Pontes Metálicas***
(1929)

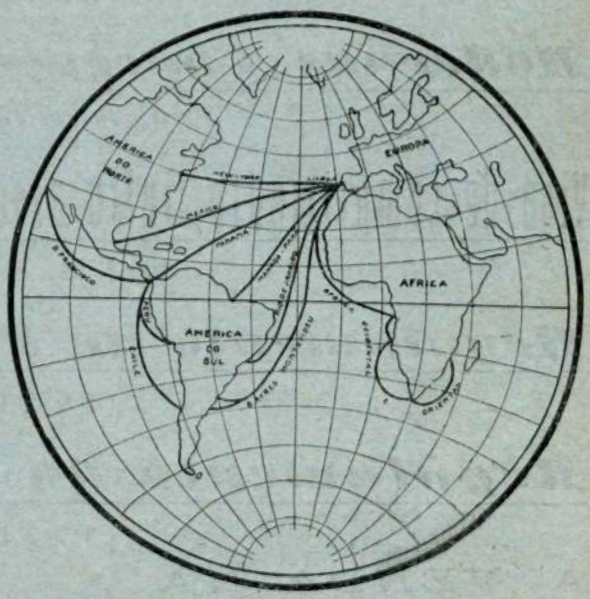
***Regulamento do Betão Armado***
(1935)

A' VENDA NA
Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico

# PÔRTO DE LISBOA

Grande pôrto, pela sua posição geográfica, extensão e profundidade, com excepcionais condições de abrigo.
Cais, docas e aparelhagem com abundância.
Estaleiros de construção e reparação de navios.
Movimento de navios e de mercadorias notável.
Comunicações com tôda a Europa, por via terrestre, marítima e aérea.

Dos grandes portos da Europa é o mais próximo dos Estados Unidos da América do Norte, da América Central, da América do Sul e da África Ocidental.



# Engenheiros!
# Arquitectos!
# Proprietários!
# Mestres de obras!
# Donas de casa!

**As nossas 12 fábricas de produtos cerâmicos** espalhadas pelo País, produzindo do barro vermelho a porcelana estão ao vosso serviço, estando também ao vosso serviço os nossos depósitos de exposição e venda em

Porto, Lisboa, Coimbra, Braga, Faro, Portimão, Leiria, Algoz, Santarém, Setúbal e Funchal.

Sem verificardes os nossos novos preços e qualidades, não deveis comprar

Azulejos brancos, decorados e artísticos
Ladrilhos de Cimento
Louças Sanitárias
Porcelanas de mesa e para electricidade
Louças de Faiança para Mesa e Cosinha
Telhas e Tijolos
Mosaicos de Grez Cerâmico
Produtos refractários
Louças decorativas

## Companhia das Fábricas Cerâmica Lusitânia

Sede: R. DO ARCO CEGO, 88 — LISBOA

**DEPENDENCIAS DO PORTO**

**Fábrica: Quinta do Roriz — Monte do Seminário — Escritório: Rua José Falcão, 174**
**Dependências de Coimbra: Estação Velha — Loreto**

E' DO VOSSO INTERESSE PREFERIR OS NOSSOS PRODUTOS

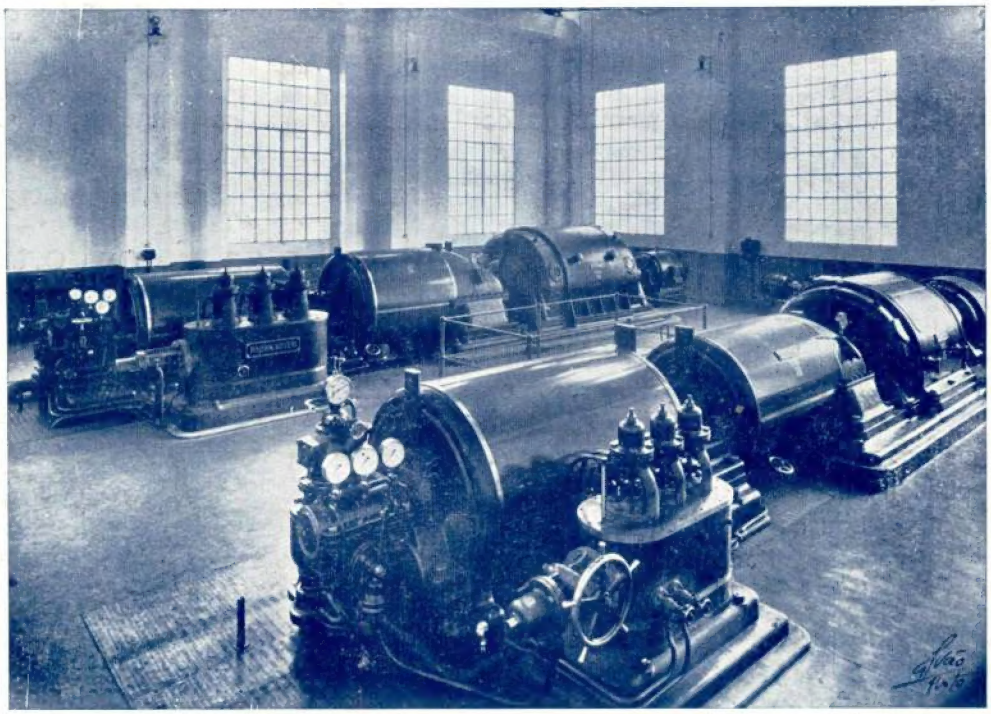
SOCIEDADE ANÓNIMA

# BROWN, BOVERI & CIE.

## BADEN (SUISSA)

**A firma que instalou o maior número de kilowatts nas centrais Eléctricas Portuguesas**

**A firma que montou o maior número de turbinas a vapor em Portugal**



**SETÚBAL**

**Central da Cachofarra da Sociedade de Electrificação Urbana e Rural**
**Turbo-grupos a vapor «Brown-Boveri» de 2000 e de 6400 kilowatts**

**Representante geral para Portugal e Colónias:**

## EDOUARD DALPHIN

**Escritório Técnico: Rua Passos Manuel, 191, 2.º // PORTO // Tel. 2 411**

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminhos de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diessel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, etc.